

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGE

**O USO DE PRODUTOS DO SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUBSÍDIO AO MONITORAMENTO
E GESTÃO DAS MATAS CILIARES EM RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGE, para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil.

Érica Ferreira de Bastos

Orientador: Prof. Dr. Carlos Loch

Florianópolis, abril de 2005

"O USO DE PRODUTOS DO SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUBSÍDIO AO MONITORAMENTO
E GESTÃO DAS MATAS CILIARES EM RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS"

ÉRICA FERREIRA DE BASTOS

Dissertação julgada adequada para a obtenção
do Título de MESTRE em Engenharia Civil e
aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC
da Universidade Federal de Santa Catarina -
UFSC.

Prof^a. Henriette Lebre La Rovere - Coordenadora do PPGEC

Prof. Dr. Carlos Loch - Orientador

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Carlos Loch - Orientador e Moderador

Roberto de Oliveira, PhD - ECV/UFSC

Dr. Paulo Márcio L. de Menezes - UFRJ

Dr-Ing Jürgen W. Philips- ECV/UFSC

Dr. Masato Kobiyama. - ENS/UFSC

*Aos meus pais
Antônio e Maura,
aos meus irmãos
Andréa e Ricardo
e aos meus sobrinhos
Giovanna, Morgana,
Isadora e Enzo,
simplesmente por me amarem,*

dedico esta.

Agradecimentos

Á Deus, pela vida e pela força pra continuar nas horas de minhas fraquezas.

Aos meus pais pelo amor, confiança, carinho, dedicação, esforço e acima de tudo pelo respeito.

Aos meus irmãos Andréa e Ricardo pela minha infância, adolescência, juventude e a união de sempre.

Aos meus sobrinhos Giovanna, Morgana, Isadora e Enzo pelo amor, carinho e travessuras.

Aos meus cunhados Adão e Soraya, pela amizade, pelos momentos de alegria e descontração.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Carlos Loch por acreditar em minha capacidade, me aceitando como membro da sua equipe, pela orientação e amizade nesses anos de pesquisa e pela nova visão da vida como pesquisador.

Á minha tia “Cici” pelo apoio nos estudos, carinho e incentivo durante todos os momentos de minha vida.

Ao meu namorado Gleidson Ribeiro, pela paciência, incentivo e carinho no final dessa caminhada.

Á Daniella Lazzarini e Emanuele de Mello pela grande amizade, cumplicidade, diversões e pelo companheirismo nos momentos bons e ruins.

Á Kenya de Oliveira pela compreensão, amizade e força, pelas longas conversas, e contribuições para esta pesquisa.

Ao Dirceu Jr. pela amizade de sempre e aos seus pais “Tia Cidinha e Tio Dirceu” por me receberem de braços abertos em sua casa me confortando na falta de minha família.

A Fernanda Simoni pela amizade, trocas de experiência e pelo companheirismo.

Á Eugênia Karnaukhova pela ajuda e contribuições, sempre que precisei, no decorrer dessa pesquisa.

Ao Paulo César Trino pelas horas de conversas, pela amizade e pelos valiosos conselhos.

Ao Técnico Edi Assini por estar sempre pronto a ajudar e pela paciência.

Aos professores Prof.Dr.-Ing Jürgen Wilhelm Philips, Prof. Dr. Masato Kobiyama, Prof. Dr. Paulo Márcio L. de Menezes e ao Prof. PhD. Roberto de Oliveira por aceitarem participar da banca.

Aos colegas do Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, por esses anos de convivência e luta ajudando direta ou indiretamente para a finalização desta pesquisa.

Ao Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento pela possibilidade de pesquisa e uso de equipamentos e aprendizagem com projetos.

A Itaipu pelo fornecimento de material para a realização desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-graduação e Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina por me proporcionar o desenvolvimento deste trabalho.

E a todos os amigos que de uma forma ou de outra conviveram comigo e contribuíram para mais esta etapa.

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas e Siglas.....	ix
Lista de Figuras.....	x
Lista de Tabelas.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv

Capítulo 1

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Apresentação.....	1
1.2 Justificativa.....	2
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo Geral.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Estrutura e Limitações do Trabalho.....	7
1.4.1 Estrutura.....	7
1.4.2 Limitações do Trabalho	8

Capítulo 2

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	9
2.1 Cadastro Técnico Ambiental.....	9
2.2 Sensoriamento Remoto.....	10
2.2.1 Produtos do Sensoriamento Remoto.....	15
2.2.1.1 Fotografias Aéreas.....	16
2.2.1.2 Imagem de Satélite – Landsat.....	17
2.2.2 Sensoriamento Remoto para o Monitoramento Ambiental.....	18
2.3 Mata Ciliar.....	21
2.4 Fragmentação Florestal.....	26

Capítulo 3

3 ÁREA DE ESTUDO – Reservatório da Hidrelétrica de Itaipu.....	28
3.1 Aspectos Físicos.....	28

3.1.1	Localização.....	28
3.1.2	Geologia e Relevo.....	30
3.1.3	Hidrografia.....	31
3.1.4	Vegetação.....	32
3.1.5	Clima.....	33
3.2	Aspectos Territoriais Administrativos.....	34

Capítulo 4

4	MATERIAIS e MÉTODOS.....	35
4.1	Materiais.....	35
4.1.1	Equipamentos e Software.....	35
4.1.2	Materiais de Cartografia e Sensoriamento Remoto.....	35
4.2	Métodos.....	36
4.2.1	Elaboração do Mapa de Localização.....	36
4.2.2	Definição dos parâmetros legais e ambientais para análise.....	36
4.2.3	Processamento Digital de Imagens.....	37
4.2.3.1	Corte da Imagem.....	37
4.2.3.2	Composição de Bandas da Imagem Landsat 7 ETM+.....	37
4.2.3.3	Classificação Supervisionada – Método Paralelepípedo.....	41
4.2.4	Vetorização das Classes.....	44
4.2.5	Mapeamento da Distribuição da Mata Ciliar.....	46
4.2.5.1	Escolha da Área para Análise dos Parâmetros.....	46
4.2.5.2	Vetorização da Faixa de Mata Ciliar.....	56
4.2.6	Análise Ambiental Aplicada.....	61
4.2.6.1	Cálculo de Áreas.....	61
4.2.6.2	Análise de Áreas Degradadas.....	62
4.3	Fluxo de Trabalho.....	63

Capítulo 5

5	RESULTADOS.....	64
5.1	Análise da Classificação Supervisionada – Método Paralelepípedo.....	64
5.2	Diagnóstico Ambiental.....	69
5.2.1	Faixa de Proteção – Legislação.....	70

5.2.2	Faixa de Proteção – 2002.....	71
5.2.2.1	Vegetação Rasteira.....	73
5.2.2.2	Vegetação Densa.....	75
5.2.2.3	Vegetação Muito Densa	77
5.3	Análise das Áreas Degradadas.....	81
5.3.1	Área Degradada 1.....	83
5.3.2	Área Degradada 2.....	84
5.3.3	Área Degradada 3.....	85
5.3.4	Área Degradada 4.....	86
5.3.5	Área Degradada 5.....	87
5.3.6	Área Degradada 6.....	88

Capítulo 6

6	CONCLUSÕES e RECOMENDAÇÕES.....	89
6.1	Conclusões.....	89
6.2	Recomendações.....	91

Capítulo 7

7	Referências Bibliográficas.....	92
----------	--	-----------

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Águas
APA – Área de Preservação Ambiental
APP – Área de Preservação Permanente
Aprox – aproximadamente
COPEL – Companhia Paranaense de Energia
ENVI - The Environment for Visualizing Images
ERTS-1 - Earth Resources Technology Satellite
ETM+ - Enhanced Thematic Mapper Plus
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEF – Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais
Hab – Habitantes
MC – Mata Ciliar
NDVI – Normalized Difference Vegetation Index
PCBAP - Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai
RGB – Red, Green, Blue
SAD – South American Datum
SIG – Sistema Informação Geográfica
TM – Thematic Mapper
UTM – Universal Transversa de Mercator

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Espectro Eletromagnético.....	12
Figura 02 – Curvas espectrais de diferentes alvos.....	13
Figura 03 – Gráfico da Curva de Reflectância típica de uma folha verde.....	14
Figura 04 – Impactos devido ao Desmatamento.....	23
Figura 05 – Mapa de Localização da Área de Estudo	29
Figura 06 – Gestão Política.....	34
Figura 07 – NDVI (Vegetation Index).....	39
Figura 08 – Cálculo do NDVI.....	40
Figura 09 – Composição RGB 432 e NDVI.....	40
Figura 10 – Resposta da Vegetação Muito Densa.....	42
Figura 11 – Resposta da Vegetação Densa.....	43
Figura 12 – Resposta da Vegetação Densa.....	43
Figura 13 – Resposta Vegetação Rasteira.....	43
Figura 14 – Classificação Supervisionada pelo método Paralelepípedo.....	44
Figura 15 – Procedimentos para a vetorização.....	45
Figura 16 – Vetores das classes.....	46
Figura 17 – Localização da área delimitada para estudo.....	47
Figura 18 – <i>Geoprocessing Wizard</i>	48
Figura 19 – Operações para processamentos de dados vetoriais.....	49
Figura 20 – Hidrografia limitada dentro da área de estudo.....	50
Figura 21 – Vegetação limitada dentro da área de estudo.....	51
Figura 22 – Mapa Imagem – Área de Análise da Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro.....	53
Figura 23 – Mosaico das ortofotos – Área de Estudo da Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro.....	55
Figura 24 – Ortofotos que compõem a Área de Estudo.....	56
Figura 25 – Mapa da Faixa de Preservação Permanente determinada pela legislação...	57
Figura 26 – Faixa de Preservação Permanente – 2002.....	58
Figura 27 – Densidades dentro da Faixa de Preservação Permanente.....	60
Figura 28 – Tabela de Atributos do Polígono da Faixa de Proteção Existente / Cálculos	

com divergências.....	62
Figura 29 – Fluxo de Trabalho.....	63
Figura 30 – Resultados positivos da classificação.....	64
Figura 31 – Resultado negativo da classificação.....	65
Figura 32 – Mapa Geral da Vegetação no entorno do Reservatório de Itaipu.....	67
Figura 33 – Fragmentação da faixa de proteção (corredor com vegetação rasteira, entre áreas de vegetação densa) – Reservatório da Itaipu.....	68
Figura 34 – Fragmentação da faixa de proteção (corredores largos desmatados) – Reservatório da Itaipu.....	68
Figura 35 – Faixa de Proteção com estreita faixa de vegetação.....	69
Figura 36 – Tabela de Atributos – Faixa de Proteção – Legislação.....	70
Figura 37 – Resultados Estatísticos – Faixa de Proteção – Legislação	70
Figura 38 - Tabela de Atributos – Faixa de Proteção – 2002.....	71
Figura 39 – Resultados Estatísticos – Faixa de Proteção – 2002	72
Figura 40 – Vegetação fora do limite estabelecido como faixa de proteção.....	73
Figura 41 – Mapa da Faixa de Preservação Permanente – Vegetação Rasteira	74
Figura 42 – Tabela de Atributos e Resultados Estatísticos – Vegetação Rasteira.....	75
Figura 43 – Mapa da Faixa de Preservação Permanente – Vegetação Densa.....	76
Figura 44 – Tabela de Atributos e Resultados Estatísticos – Vegetação Densa.....	77
Figura 45 – Mapa da Faixa de Preservação Permanente – Vegetação Muito Densa.....	78
Figura 46 – Tabela de Atributos e Resultados Estatísticos – Vegetação Muito Densa.....	79
Figura 47 – Mapa de Localização das áreas com Mata Ciliar degradada.....	82
Figura 48 – Área Degradada 1.....	83
Figura 49 – Área Degradada 2.....	84
Figura 50 – Área Degradada 3.....	85
Figura 51 - Área Degradada 4.....	86
Figura 52 – Área Degradada 5.....	87
Figura 53 – Área Degradada 6.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Características do Sensor Landsat 7 ETM+.....	18
Tabela 02 – População dos Municípios Lindeiros.....	34
Tabela 03 – Arquivos da Base Cartográfica da COPEL (1996) cedidos pela Itaipu Binacional.....	47
Tabela 04 – Porcentagem das áreas.....	72
Tabela 05 – Porcentagem da área de vegetação existente (2002) na faixa de proteção.....	80
Tabela 06 – Porcentagem por classe de vegetação com relação ao todo existente (2002).....	80

BASTOS, É. F. de - O Uso de Produtos do Sensoriamento Remoto como Subsídio ao Monitoramento e Gestão das Matas Ciliares em Reservatórios de Hidrelétricas. Florianópolis, SC, 2005, 97p. – Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFSC. Orientador: Prof. Dr. Carlos Loch.

RESUMO

A vegetação em torno dos corpos d'água – a mata ciliar – tem ligação direta com a quantidade e qualidade da água. Entre suas principais funções destaca-se o controle da erosão das margens dos rios e a amenização da poluição dos mesmos. A presente pesquisa tem por objetivo criar subsídios para organização da gestão e monitoramento de parâmetros ambientais que caracterizam as matas ciliares da represa da Hidrelétrica Binacional de Itaipu. A Hidrelétrica de Itaipu, assim como outros empreendimentos do gênero, vêm sofrendo com os problemas de assoreamento e poluição do seu reservatório decorrentes da falta de gestão ambiental do seu entorno e das bacias hidrográficas contribuintes. Preocupada com os problemas ambientais, a Empresa Itaipu Binacional implantou um programa intitulado “Cultivando Água Boa” voltado à gestão ambiental da Bacia do Paraná III, com principal de estratégia minimizar dos impactos ambientais sobre a represa e objetivo de monitorar os aspectos ambientais do entorno. A metodologia desenvolvida visa o aproveitamento do potencial informativo de dados de sensoriamento remoto de resolução espacial média, análise de parâmetros ambientais e caracterização das matas ciliares em torno das represas das hidroelétricas. Com isso, o método aplicado para realização de mapeamentos temáticos envolve a análise de cumprimento de parâmetros legais das respectivas áreas ecológicas: largura da faixa de proteção, densidade da biomassa e fragmentação da mesma. Produtos do sensoriamento remoto, de datas diferentes, foram utilizadas para identificação, geração das chaves de interpretação e mapeamento das matas ciliares em função dos parâmetros definidos. Desta forma, foram gerados mapas: de vegetação; de densidade e fragmentação do substrato em faixa de proteção. Com base em subsídios cartográficos gerados e análise amostral produzida com auxílio de fotografias aéreas foi elaborado o diagnóstico ambiental da faixa de proteção da represa como um todo, e feito referencias ao estado ambiental de seis áreas amostrais. Os produtos cartográficos gerados são de essencial importância para definição das diretrizes estratégicas para gestão e monitoramento de matas ciliares do reservatório da Itaipu e integrarão o sistema de informações da Itaipu Binacional e contribuirão para o desenvolvimento do Programa Cultivando Água Boa e outros programas de gestão ambiental em hidrelétricas.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Monitoramento Ambiental, Mata Ciliar

ABSTRACT

The vegetation around the water reservoirs - the riparian forest - has direct connection with the quantity and quality of the water. Among your's principal functions are the control of the erosion of the rivers margins and the pollution reduction. This research has the objective to create subsidies for organization of the administration and monitoring of environmental parameters that characterize the riparian forests of the Itaipu Binacional Hydroelectric dam. The Itaipu Hydroelectric, as well as other enterprises of the gender, are suffering with the erosion problems and pollution of your reservoir, what occur of the fault of environmental management of the yours contributory river basins. Concerned with the environmental problems, the Itaipu Binacional Hydroelectric, are implanting an entitled the Cultivating Good Water Program returned to the environmental managment of Paraná III river basin with main strategy of reduction of the environmental impacts on the dam and objective of to monitor the environmental aspects of your reservoir. The developed methodology seeks the use of the informative potential of remote sensing data, definition of environmental parameters and characterization of the riparian forests around the hydroelectric dams. With that, the applied method for accomplishment of thematic mapping involves the analysis of execution of the legal parameters of the respective ecological areas: width of the protection strip, density and fragmentation. Remote sensing data, of different dates, are used for identification, generation of the interpretation keys and mapping of the riparian forests in function of the defined parameters. This way, maps were generated: of vegetation; of density and fragmentation of the protection strip substratum. With base in generated cartographic subsidies and amostral analysis, produced with aid of aerial pictures, the environmental diagnosis of the protection strip of the dam as a whole, with the references to the environmental state of the six important amostral areas. The generated cartographic products are of essential importance for definition of the strategic management guidelines and monitoring of riparian forests of the Itaipu reservoir that will integrate the Itaipu Binacional information system and will contribute to the development of the Cultivating Good Water Program and other environmental management programs of Hydroelectric.

KEYWORDS: remote sensing, environmental monitoring, riparian forest.

Capítulo 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O território nacional e seus recursos naturais vêm sendo explorados de forma desenfreada pelos seres humanos para suprir as necessidades do mundo contemporâneo regido pelo sistema econômico capitalista. Diante disto, a exploração abusiva dos recursos naturais pode ser considerada como uma das causas da má gestão ambiental encontrada na atualidade.

A utilização desequilibrada do ambiente natural compromete a qualidade ambiental, conseqüentemente a qualidade de vida social. Tal desequilíbrio, no que diz respeito aos recursos hídricos, gera poluição e erosão, que posteriormente acarretará em assoreamento do mesmo devido à sedimentação e eutrofização. Todas essas conseqüências relacionadas ao comprometimento da qualidade de um curso d'água, para uma hidrelétrica, é sinônimo de comprometimento do desempenho de todo seu complexo hidrelétrico.

O acúmulo de sedimentos pode provocar o assoreamento dos corpos hídricos, causando mudanças nos seus cursos, afetando assim, a comunidade aquática reduzindo sua produtividade e, ademais, provocando contaminação por metais pesados, sais, moléculas orgânicas, ozônio e nutrientes (SANTOS, 2004).

A vegetação em torno dos corpos hídricos – a chamada mata ciliar – tem ligação direta com a quantidade e qualidade da água. Entre suas principais funções destaca-se o controle da erosão das margens dos rios e a amenização da poluição dos mesmos.

Segundo Kageyama (1986) e Lima 1989 *apud* Ferreira & Dias 2004, as matas ciliares atuam como barreira física, regulando os processos de troca entre os ecossistemas terrestres e aquáticos, desenvolvendo condições propícias à infiltração. Sua presença reduz significativamente a possibilidade de contaminação dos cursos d'água por sedimentos, resíduos de adubos e defensivos agrícolas, conduzidos pelo escoamento

superficial e subsuperficial da água no terreno. Estas peculiaridades conferem às matas ciliares aparatos de leis, decretos e resoluções visando sua preservação.

O desenvolvimento econômico e sustentável de um país está diretamente conexo ao equilíbrio da natureza e de todos os seus recursos que são vitais para a qualidade de vida de uma sociedade. Ambos podem caminhar lado a lado, ou seja, a preservação e conservação de determinadas áreas em detrimento ao uso deliberado do território para fins exploratórios. As leis ambientais podem contribuir de forma significativa para que isto aconteça.

O Código Florestal Brasileiro, decretado em primeira versão em 1935, reformado pela Lei nº 4771 de 15 de Setembro de 1965, estabeleceu a zona ciliar como uma área de preservação permanente, sendo uma reserva ecológica que não pode sofrer qualquer alteração, devendo permanecer sua vegetação na condição original.

Mais recentemente foi decretada a lei de Política Agrícola – Lei nº 8171 de 17 de janeiro de 1991, a qual determina a recuperação gradual das Áreas de Preservação Permanente, nas áreas onde esta foi eliminada.

Área de preservação permanente segundo a Lei Federal nº 4.771/65 em seus artigos 2º e 3º (alterados pela Lei Federal nº 7.803/89) é a área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

Desta forma, cumprindo-se a legislação, no que se refere às matas ciliares, o maior beneficiário será o próprio homem, pois essa estipula as condições mínimas necessárias para que a mata ciliar exerça seu principal papel, a preservação dos cursos d'água utilizados pelo homem para própria sobrevivência.

1.2 JUSTIFICATIVA

A área de drenagem da Bacia Hidrográfica do Paraná III é contribuinte direto para o reservatório da Itaipu Binacional. Esta área apresenta conflitos entre a geração de energia e as atividades agrícolas e de suinocultura desenvolvidas, pois o desempenho e durabilidade de uma hidrelétrica estão diretamente ligados à qualidade das condições ambientais do seu reservatório.

Dentre outras, a cobertura vegetal tem como função a interceptação de parte da precipitação, pois sua ausência pode gerar escoamento superficial e provocar a erosão do solo. A perda desta cobertura para o uso agropecuário tem aumentado a frequência de inundações, devido ao impedimento da absorção de parte da precipitação, e conseqüentemente o assoreamento dos rios (PCBAP, 1997).

O crescimento da população e o conseqüente aumento da demanda de água reforçam a idéia de que medidas de recuperação e conservação da bacia são extremamente necessárias para que um curso d'água consiga suprir essa demanda. A implantação de um plano de manejo da bacia é indispensável ao atendimento desta recuperação e conservação. A conservação e recuperação das matas ciliares e o manejo sustentável de bacias hidrográficas afetam diretamente a qualidade e a quantidade de água, bem como a preservação da fauna silvestre e aquática, e inevitavelmente a qualidade de vida humana.

Carvalho (1994) *apud* Conte & Leopoldo (1999), relata considerações sobre perdas de solo que ocorrem na natureza e que têm sido aceleradas e intensificadas pela atividade antrópica, destacando-se como uma das causas principais os desmatamentos. Segundo os mesmos autores, as características individuais da água e dos sedimentos e seu inter-relacionamento influenciam diretamente o tipo e o volume do material erodido e transportado e as formas de deposição. As partículas de solo transportadas aos corpos de água, além de provocar assoreamento de reservatórios ou do próprio leito do rio, podem danificar os equipamentos (bombas de recalque, turbinas) e onerar os processos de tratamento de água ou de produção de energia elétrica.

A Hidrelétrica de Itaipu, assim como outros empreendimentos do gênero, vem sofrendo com os problemas de assoreamento e poluição do seu reservatório decorrentes da falta de planejamento ambiental da sua bacia hidrográfica de influência.

Um projeto de reflorestamento foi implantado no ano de 1983 pela Itaipu Binacional, o qual tinha por objetivo o reflorestamento na área estabelecida como preservação permanente, formando assim uma faixa verde ao longo do reservatório (ITAIPU BINACIONAL, 1994). Mas, essa área ao longo dos anos veio sofrendo intervenções antrópicas, comprometendo assim, a proteção que a mesma confere ao reservatório.

O crescimento das atividades agrícolas e pecuaristas, na região Oeste do Paraná, onde se encontra instalada a Hidrelétrica, ocorreu sem que houvesse uma preocupação com os aspectos ambientais por parte das atividades agrícolas nas terras. O desmatamento e o uso de defensivos agrícolas são os principais contribuintes para o assoreamento e a poluição, por causa do uso de forma indevida e não controlada.

A Itaipu Binacional preocupada com os problemas ambientais vem fazendo o monitoramento, através da fiscalização em campo, da realidade em que se encontra a faixa de proteção do reservatório. Essa fiscalização, de certa forma serve como poder de polícia com relação às atividades desenvolvidas pelos lindeiros, que vêm comprometendo o reservatório de forma qualitativa e quantitativa e, por conseguinte, sua produção do mesmo. Esse tipo de monitoramento é de difícil diagnóstico, uma vez que avalia a supressão da vegetação nas faixas ciliares de forma pontual.

Segundo a Agenda 21 (1992) em seu capítulo 35, um dos papéis da ciência é oferecer informações que permitam uma melhor formulação e seleção das políticas de meio ambiente e desenvolvimento no processo de tomada de decisões, por meio da aplicação de novas tecnologias, tais como os instrumentos eletrônicos de monitoramento, a capacidade de cálculo e elaboração de modelos computacionais.

Jacinto (2003) externa em pesquisa desenvolvida na área de Gestão Ambiental em áreas de conservação, que ferramentas adequadas à gestão ambiental, como o sensoriamento remoto, têm sido alvo de inúmeros estudos e pesquisas por facilitarem a elaboração de diagnósticos e prognósticos. Além disso, o fato da rapidez e da periodicidade na obtenção de dados primários, sobre a superfície terrestre, torna as tecnologias do sensoriamento remoto uma das formas mais eficazes de monitoramento ambiental em escalas locais e globais.

Produtos do sensoriamento remoto, aliados às técnicas de geoprocessamento representam instrumentos que desempenham papel fundamental na formação da política ambiental, pois possibilitam a identificação do uso das terras, com ênfase no detalhamento do meio a ser estudado.

Sousa (2003) em sua pesquisa utilizou a imagem Landsat TM conjugada a um Sistema de Informações Geográficas para detectar, caracterizar e quantificar as mudanças na cobertura vegetal dos municípios de Cedro e Solidão no estado do Pernambuco.

A idéia de realizar este estudo surgiu da parceria entre a Itaipu Binacional e o Grupo de pesquisadores do Laboratório de Fotogrametria, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Santa Catarina em um projeto intitulado “Cadastro Técnico Multifinalitário como Ferramenta de Apoio a Implementação do Programa Cultivando Água Boa”. A pesquisa serviu de subsídio para o programa implantado pela Itaipu Binacional com o intuito de uma Gestão Ambiental, na Bacia do Paraná III, tendo por objetivo controlar os aspectos ambientais como estratégia de minimização dos impactos, onde um dos principais parâmetros é o monitoramento da mata ciliar em torno do lago.

Portanto o presente trabalho contribui de forma significativa com o Programa implantado, já que definiu parâmetros para a análise de alguns problemas ambientais em âmbito local e também analisar a situação da faixa de proteção em torno do Reservatório da Hidrelétrica Binacional de Itaipu, criando subsídios para organização do monitoramento e gestão da mata ciliar.

Os problemas ambientais existentes no reservatório da hidrelétrica em questão, relacionados à faixa de proteção, estão diretamente ligados à eficácia desta vegetação. Logo, a importância do estudo é evidenciada na verificação de parâmetros legais e ambientais, através do sensoriamento remoto e técnicas do geoprocessamento, para um embasamento no que se refere a esta eficácia. Para tanto, optou-se por analisar a largura da faixa de proteção, densidade da biomassa e fragmentação florestal, sendo este tipo de proposta pioneira na área de estudo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Criar subsídios para organização do monitoramento e gestão de parâmetros ambientais que caracterizam as matas ciliares em torno da represa da Hidrelétrica Binacional de Itaipu, realizando análise da distribuição das respectivas áreas.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A partir do objetivo principal deste estudo foram evidenciados os seguintes objetivos específicos:

- a. Analisar os problemas ambientais em reservatórios das hidrelétricas e diferenciar seus vínculos com a eficácia das faixas de proteção de recursos hídricos.
- b. Verificar a situação dos parâmetros legais e ambientais para o monitoramento e análise da mata ciliar.
- c. Mapear a distribuição da mata ciliar e analisar seu enquadramento legal e ambiental.
- d. Testar o uso de dados gerados a partir de técnicas de sensoriamento remoto para realização da respectiva análise.
- e. Gerar diretrizes para o monitoramento e gestão de Matas Ciliares em reservatórios de hidrelétricas.

1.4 ESTRUTURA E LIMITAÇÕES DO TRABALHO

1.4.1 ESTRUTURA

O primeiro capítulo desta pesquisa faz a sua apresentação contendo a introdução, justificativa, objetivo geral e objetivos específicos e aborda também suas limitações.

O capítulo 2 apresenta os temas que fundamentaram esta pesquisa, os quais se faz saber: Cadastro Técnico Multifinalitário Ambiental, Sensoriamento Remoto e Mata Ciliar.

A caracterização da área de estudo foi descrita no terceiro capítulo abrangendo os aspectos físicos (geologia, relevo, solo, hidrografia, clima e vegetação) e ainda os aspectos socioeconômicos.

No quarto capítulo são listados os materiais, equipamentos e software, métodos e recursos de sensoriamento remoto utilizados na pesquisa. Em uma breve descrição o método foi iniciado com o processamento digital de imagem, para que se atingisse resultados que facilitassem a extração de feições da imagem de satélite, que vieram a ajudar na análise dos parâmetros: densidade da biomassa, limites e fragmentação florestal. Posteriormente foram vetorizadas as classes extraídas da classificação da imagem quanto às densidades da vegetação. A distribuição da mata ciliar foi mapeada, bem como as áreas de composição dessa foram calculadas e então foram indicadas as áreas que apresentavam maiores problemas ambientais no que diz respeito a sua eficácia.

Os resultados aqui obtidos constam no capítulo 5, onde é mostrada a análise da classificação supervisionada gerada pelo método do paralelepípedo, a comparação entre a faixa de preservação permanente existente no ano de 2002 e a faixa estipulada pela Legislação e finalmente o diagnóstico das áreas mais problemáticas comparadas entre situações encontradas no ano de 1996 e 2002.

O capítulo 6 apresenta as conclusões obtidas ao término desta pesquisa e ainda algumas recomendações para posteriores trabalhos a serem desenvolvidos no mesmo tema.

1.4.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Por meio das imagens dos sensores remotos podem ser observados alguns parâmetros descritos da vegetação que são essenciais para sua compreensão, permitindo uma análise desta. Mesmo quando interpretados de forma subjetiva, auxiliam na indicação do potencial da vegetação, uma vez que são reputados, pela literatura, como indicadores da diversidade e estabilidade dos sistemas naturais (SANTOS, 2004).

Mesmo com a possibilidade de extração de parâmetros sobre a vegetação de uma área, para um diagnóstico quanto a sua suficiência na conservação dos recursos hídricos, solos e outros, é necessário o conhecimento da sua composição, estrutura e heterogeneidade dos sistemas, a distribuição das espécies e a relação entre as mesmas. Para tanto é necessário um estudo mais aprofundado com a inserção de profissionais de várias áreas.

Os dados do sensoriamento remoto utilizados nesta pesquisa apresentavam conflitos quanto aos fusos em que foram georreferenciados. A imagem de satélite Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) está no fuso 21S enquanto que as ortofotos estão no fuso 22S. Esse conflito dificultou a sobreposição destes produtos, que na verdade seria possível com um novo georreferenciamento de um dos produtos, mas optou-se por apenas compará-las sem que fossem sobrepostas.

Mesmo com dificuldades encontradas no decorrer do desenvolvimento deste trabalho, as mesmas não impediram seu desenvolvimento, pois esse não teve a finalidade de monitoramento da mata em estudo, mas sim, como descrito nos objetivos específicos, gerar diretrizes que venham subsidiar um posterior monitoramento para a gestão ambiental em hidrelétricas.

Capítulo 2

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CADASTRO TÉCNICO AMBIENTAL

Conhecer o espaço a ser gerenciado deve fazer parte das prioridades de um planejamento, seja ele rural, urbano, ambiental ou regional. A necessidade da existência de um Cadastro consistente, eficiente e atualizado, torna-se cada vez mais evidente, e indispensável antes de qualquer ação de gerenciamento e manejo. (BITTENCOURT & LOCH, 1998).

Segundo Blachut (1985) apud Loch (1993) o Cadastro deve ser compreendido como um sistema de registro de dados que identificam ou caracterizam uma determinada área, sendo que estes registros devem ser executados ou apresentados de forma descritiva e sempre apoiados numa base cartográfica bem definida.

O Cadastro Técnico Multifinalitário é um complexo sistema de integração e de gestão de informações sobre o território, que contempla por consequência diversas faixas de informações temáticas restritas aos cadastros específicos (Cadastro Ambiental, Cadastro Socioeconômico, etc.) em diferentes escalas territoriais (KARNAUKHOVA, 2000).

“O cadastro técnico ambiental compreende um conjunto de informações inerentes ao meio ambiente, compiladas na forma de mapas temáticos e atributos, com suas respectivas correspondências” (FIGUEIREDO et al, 1998).

Ainda segundo o mesmo autor o uso de técnicas de Cadastro Técnico Ambiental, Sistema de Informações Geográfica e Sensoriamento Remoto são instrumentos imprescindíveis para um diagnóstico rápido e atualizado das principais informações de usos e ocupações do solo de uma região, tornando-se base para uma tomada de decisão e um planejamento eficaz.

O sistema cadastral não é um fim em si mesmo e muitas vezes apoiado no efetivo mercado de terras, o aumento da produtividade agrícola, o desenvolvimento econômico sustentável, o gerenciamento ambiental, a estabilidade política e justiça social, sendo absolutamente essencial que o sistema cadastral seja desenhado, “apropriadamente”, para servir as necessidades do respectivo país (WILLIAMSON, 1995).

Na área ambiental Kelm (1999) julga como fundamental o Cadastro, uma vez que permite agregar as mais variadas informações referentes ao meio ambiente, que dependendo das tecnologias aplicadas, na obtenção de dados, pode servir como ferramenta para o planejamento ambiental, tanto ao poder público como ao privado.

2.2 SENSORIAMENTO REMOTO

Nós todos usamos nossos sentidos para observar e explorar o meio em que vivemos. A visão e audição podem nos dar a idéia das mais diferentes feições através de padrões de energia propagada, bem como o sentido manifestado através de sensibilidade de calor, nos capacita conhecer algumas características de fenômenos ocorridos no meio. O comportamento destes três sentidos constitui uma forma natural de sensoriamento remoto (BARRET & CURTIS, 1992).

Muitas definições são encontradas a respeito de Sensoriamento Remoto tanto na literatura brasileira como internacional, mas com conceitos quase sempre iguais. Segundo Sabin (1986), o Sensoriamento Remoto pode ser definido como a coleta e interpretação sobre informações de um alvo sem que haja um contato físico com o objeto.

Para Lillesand e Kiefer (1994) o sensoriamento remoto é a ciência e arte de obter informações a respeito de um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados obtidos por um aparelho que não esteja em contato com o objeto, a área ou fenômeno de investigação, baseando-se apenas na interação do alvo com a radiação eletromagnética. Já Robson (1995), define como processo de coleta, armazenamento e extração de informações das imagens da superfície terrestre, obtidas por sensor que não está em contato físico direto com o que se está estudando.

Os sensores para a coleta dos dados a respeito de objetos ou fenômenos são equipamentos capazes de coletar energia proveniente dos mesmos, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações (NOVO, 1992).

Campbell (1996) vai um pouco mais a fundo em sua definição e diz que “Sensoriamento Remoto é a prática de aquisição de informação da superfície terrestre e das águas, utilizando imagens adquiridas a partir da perspectiva vertical, com emprego da radiação eletromagnética numa ou em várias zonas do espectro eletromagnético, refletido ou emitido pela superfície terrestre”.

As análises de fotografias aéreas tiveram grande papel nos descobrimentos de muitos depósitos de petróleo e minerais em todo mundo. Devido ao sucesso do uso da porção

visível do espectro eletromagnético, sugeriu-se que talvez seria possível obter resultados comparáveis usando outras regiões do comprimento de ondas. Nos anos 60 desenvolvimentos tecnológicos permitiram a aquisição de imagens, em outro comprimento de onda, incluindo o infravermelho e microondas, através de câmeras colocadas a bordo de satélites artificiais (SABIN, 1986). Hoje existem além das fotografias aéreas, imagens de diferentes sistemas sensores que com a evolução em tecnologia, dispõem de melhor resolução espectral e temporal.

Com relação a essas imagens de diferentes sensores, o INPE (2004) relata que a faixa de comprimentos de onda ou frequências em que se pode encontrar a radiação eletromagnética é ilimitada. A interação do fluxo da radiação eletromagnética com os elementos terrestres representa o comportamento espectral dos alvos (LILLESAND e KIEFER, 1994). Hoje, com a tecnologia disponível pode-se gerar ou detectar a radiação eletromagnética numa extensa faixa de frequência, que se estende de 1 a 1024 Hz, ou comprimentos de onda na faixa de 108 metros a 0.01A. Este espectro é subdividido em faixas, representando regiões que possuem características peculiares em termos dos processos físicos, geradores de energia em cada faixa, ou dos mecanismos físicos de detecção desta energia, como mostra a figura 01.

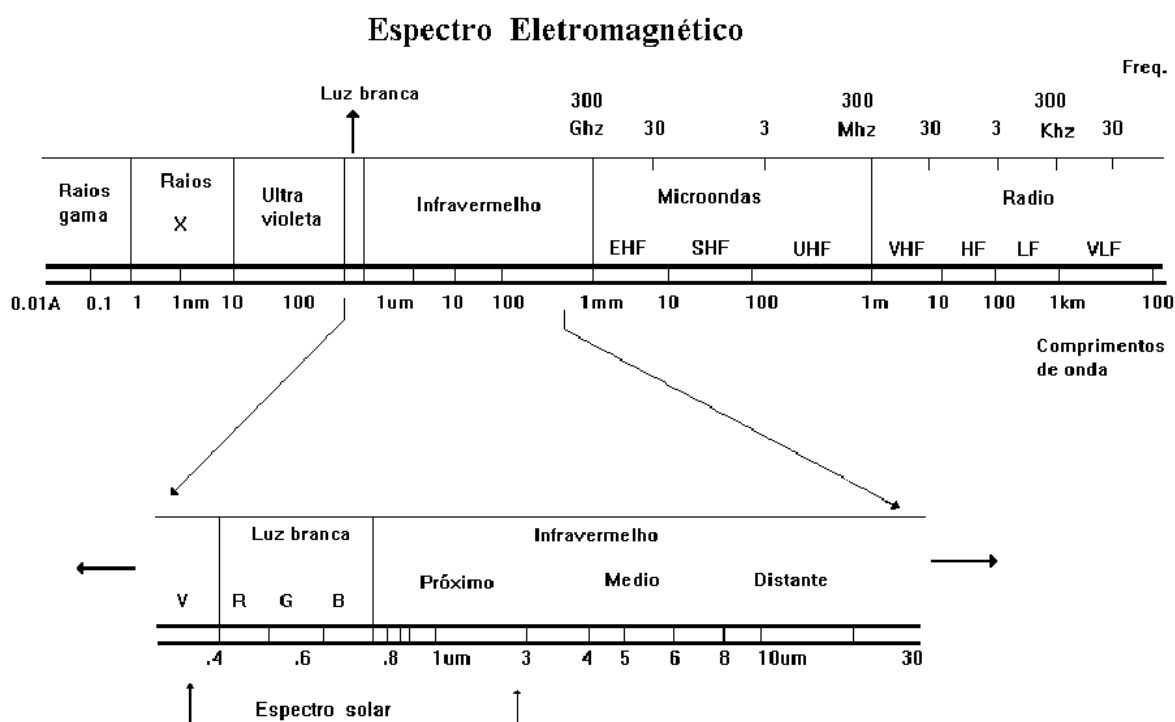


Figura 01 – Espectro Eletromagnético

A radiação eletromagnética ao interagir com os alvos da superfície terrestre pode ser absorvida, refletida, transmitida e emitida por eles seletivamente. Assim, conhecendo o comportamento espectral da radiação refletida e/ou emitida de diferentes alvos da superfície terrestre, é possível identificar alvos semelhantes, em outros locais, baseado apenas nas semelhanças do comportamento espectral (MOREIRA, 2001).

Ainda segundo o mesmo autor a interação da radiação eletromagnética com os alvos na superfície da Terra e com o próprio solo depende, sobretudo, das características do alvo e do meio ambiente (figura 02). Um exemplo é a vegetação, onde a quantidade de energia refletida por uma planta é função de características intrínsecas desta, mas que pode ser alterada se a planta for submetida a estresses, tais como: desequilíbrio nutricional, déficit hídrico, ataque de pragas, doenças e efeitos climáticos adversos entre outros.

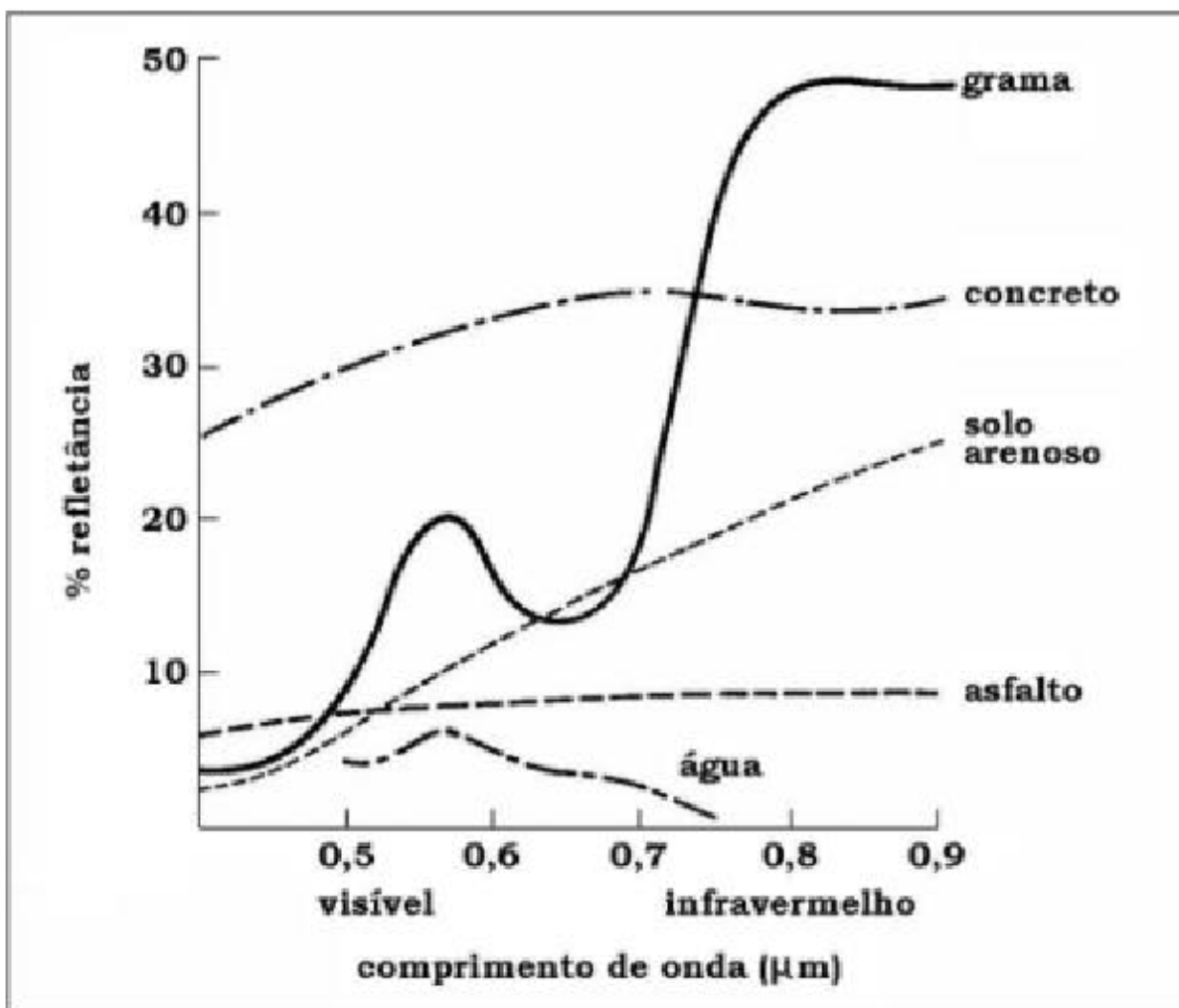
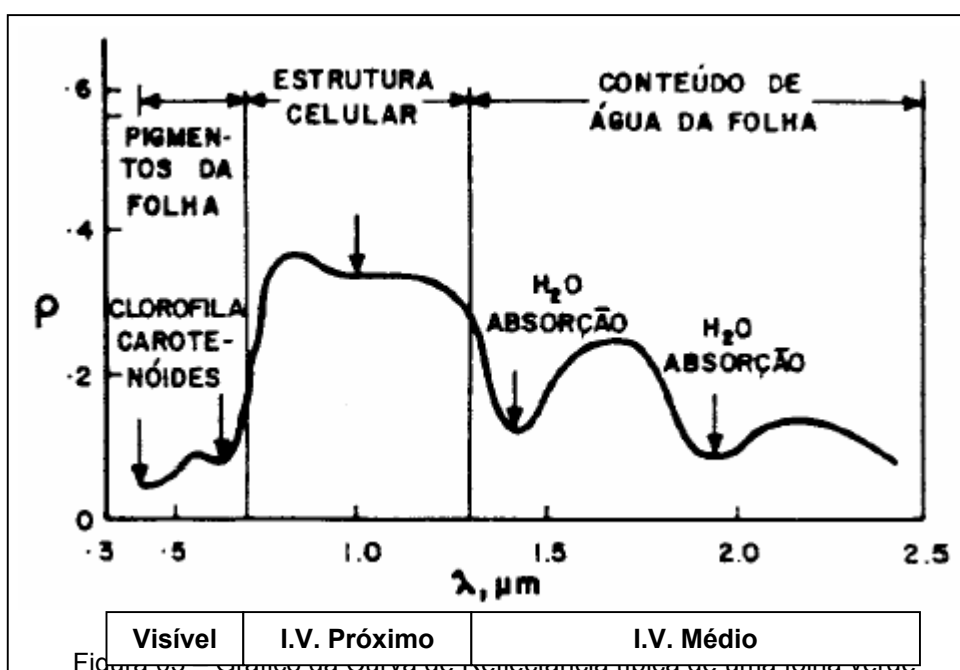


Figura 02 – Curvas espectrais de diferentes alvos
Fonte: Moreira (2001)

A principal motivação dos estudos em vegetação, envolvendo a aplicação das técnicas de sensoriamento remoto, fundamenta-se na compreensão da “aparência” que uma dada cobertura vegetal assume em um determinado produto de sensoriamento remoto, a qual é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais (PONZONI, 2001).

A figura 03 apresenta um gráfico da curva de reflectância de uma folha fotossinteticamente ativa. Esse gráfico demonstra que, na maioria das vezes, nas folhas, o nível de reflectância é mais baixo na faixa espectral do visível, com uma máxima de reflexão entre 0,5 a 0,6 μm (verde) e valores menores nas regiões correspondentes ao azul (0,4 a 0,5 μm) e vermelho (0,6 a 0,7 μm). Isso se deve às absorções de energia pelos pigmentos foliares. Na região do infravermelho próximo (0,7 a 1,3 μm) verifica-se um nível mais elevado na reflectância da vegetação devido à interferência da estrutura histológica das folhas. Já nos comprimentos de onda entre 1,3 a 2,5 μm , essa reflectância é dominada pela quantidade de água encontrada nas folhas (NOVO, 1992).



Fonte: NOVO (1992)

Com a alta tecnologia de sensoriamento remoto e os recentes e modernos sensores de mapeamento atualmente em operação em plataformas orbitais não devem ser

desconhecidos dos responsáveis pela implantação de uma política de monitoramento e manejo ambiental. Neste contexto, dados de sensores orbitais tornam-se cada vez mais adequados a estudos ambientais devido às suas características superiores em relação às resoluções espaciais, espectrais, temporais e radiométricas. (ROSOT, 2000).

Galo, 2000 em sua tese disserta que para a identificação e medição das variáveis de uma paisagem, a partir dos dados de sensoriamento remoto, podem ser usadas desde técnicas de interpretação visual de imagens, até os mais avançados algoritmos para processamento e análise digital, aliados aos recursos analíticos propiciados pelos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Tais ferramentas se constituem, hoje, em instrumentos de extração e análise da informação espacial e temporal altamente adequados aos estudos da paisagem.

Técnicas de interpretação visual fazem uso da excelente habilidade da mente humana em avaliar qualitativamente os padrões espaciais numa imagem. A habilidade de emitir julgamentos subjetivos baseados em elementos seletivos da imagem é essencial em várias práticas de interpretação (GALO, 2000).

As imagens de satélite são ferramentas que podem ser utilizadas para gerar informações obtidas através do comportamento espectral do alvo. As diferenças espectrais são registradas na imagem na forma de variações tonais, de cores ou de densidade. Assim, os sensores remotos buscam detectar e mostrar as diferenças em tonalidades ou cor entre um objeto e o ambiente em que ele se encontra (VALÉRIO FILHO & PINTO, 1996).

2.2.1 PRODUTOS DO SENSORIAMENTO REMOTO

As fotografias aéreas e as imagens de satélites são os produtos do sensoriamento remoto mais utilizados atualmente. Segundo Robinson (1995) a fotografia aérea foi a primeira forma usada para inventariar e mapear sistematicamente a Terra.

Com o avanço da tecnologia surgiram as imagens de satélites de vários sensores. Aqui foi dada ênfase a imagem do Landsat 7 ETM+, pois foi a imagem utilizada para a pesquisa.

2.2.1.1 Fotografias Aéreas

De acordo com breve histórico da fotointerpretação apresentado por Colwell (1997) pode-se dizer que até aproximadamente 1860 o desenvolvimento da fotografia aérea ocorreu mais em função do desejo de tudo ver e saber do que à pesquisa científica. O mesmo autor relata que os primeiros usos efetivos das fotografias aéreas ocorreram para fins bélicos durante a Guerra Civil dos Estados Unidos e depois, no início do século XX, na Primeira Guerra Mundial. Mais tarde o uso das fotografias aéreas ampliou-se às distintas áreas do conhecimento tais como: a geografia, as engenharias, a geologia, a ecologia e a arqueologia.

Nos dias atuais, a fotografia aérea ainda é o produto mais conhecido e utilizado na identificação e mapeamento dos recursos naturais. Este fato decorre da resolução espacial da câmara fotogramétrica que ainda não conseguiu ser igualada por outros sensores imageadores disponíveis para o uso civil. E, além disso, as aerofotos apresentam uma aparência natural quanto à forma, tamanho, cor (filme colorido) ou tonalidade (filme preto e branco) dos alvos da superfície terrestre, facilitando o processo de interpretação das mesmas (LOCH, 2000).

Dalotto & Loch (2000) em pesquisa avaliaram a evolução espaço-temporal da vegetação arbórea, mineração, hidrografia e rede viária na área de estudo entre 1957 e 1996, prognosticando as tendências destes componentes ambientais para a década posterior à última análise (1996-2006).

Também Bitencourt & Loch (2000) comprovaram a eficácia da utilização das séries históricas de fotografia aéreas, para avaliar as alterações de uso e ocupação de propriedades rurais com o propósito de obter resultados práticos que contribuam para avaliar a legitimidade das ocupações.

Outros exemplos poderiam ser citados, considerando a relevância e a extensa aplicabilidade deste produto de sensoriamento remoto, mas existem também outros produtos, como as imagens orbitais, que atualmente são muito empregadas.

2.2.1.2 Imagem de Satélite – Landsat

As imagens de sensoriamento remoto vêm servindo de fonte de dados para estudos e levantamentos geológicos, ambientais, agrícolas, cartográficos, florestais, urbanos entre outros. Passaram a representar uma das únicas formas viáveis de monitoramento ambiental em escalas locais e globais, devido à rapidez, eficiência, periodicidade e visão sinóptica que as caracterizam (CROSTA, 1992).

A NASA lançou em 23 de julho de 1972 o satélite ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite) e subsequenteemente foi renomeado Landsat-1. O sistema permaneceu em pesquisa até o ano de 1983, quando foi então declarado operacional (KRAMER, 1996). Outros satélites do sistema Landsat foram lançados no decorrer desses anos, sendo o último, Landsat 7 ETM+, lançado em 1999 e desativado em 2003.

O Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) é caracterizado por 8 faixas espectrais, sendo uma pancromática com resolução espacial de 15 metros, uma outra com 60 metros e as demais com 30 metros. Uma imagem inteira do satélite representa no solo uma área de abrangência de 185 x 185 km (KRAMER, 1996 e INPE, 2004)

O mapeamento temático a partir de cada uma dessas bandas depende ainda das características da área em estudo (região plana ou acidentada); época do ano (inverno ou verão); ou de variações regionais (Nordeste, Sudeste, Sul, Amazônia, Pantanal). Os trabalhos de interpretação das imagens tornam-se mais fáceis quando o fotointérprete tem conhecimento de campo (INPE, 2004).

A tabela 1 mostra a relação das bandas do Landsat 7 ETM+, relacionando o comprimento de onda e resolução espacial de cada uma delas, bem como suas aplicações.

Tabela 01 – Características do Sensor Landsat 7 ETM+

Bandas	Comprimento de onda (µm)	Resolução Espacial (m)	Aplicações
1	0,45 – 0,52 (azul)	30	Penetração em corpos d'água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e outros pigmentos da planta, entre outras.
2	0,53 – 0,61 (verde)	30	Sensibilidade a sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade de água.
3	0,63 – 0,69 (vermelho)	30	Forte absorção pela vegetação verde. Contraste entre áreas com e sem vegetação. Contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal. Mapeamento da rede de drenagem entre outras.
4	0,76 – 0,90 (infravermelho próximo)	30	Mapeamento dos corpos d'água, pela forte absorção da água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muito a energia, aparecendo em tom de cinza claro. Sensibilidade à morfologia do terreno, informações sobre: geomorfologia, solos e geologia.
5	1,55 – 1,75 (infravermelho médio)	30	Sensibilidade ao teor de umidade das plantas para observar estresse na vegetação, causado pela deficiência hídrica. Sofre perturbações em caso de ocorrência de chuva antes da obtenção da imagem
7	2,08 – 2,35 (infravermelho médio)	30	Sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
6	10,4 – 12,5 (termal)	60	Sensibilidade à morfologia do terreno, obtendo informações sobre a geomorfologia, solos e geologia. Identificação de minerais com íons hidroxilas.
8	0,52 – 0,90	15	pancaramática

Fonte: Adaptada do INPE (www.inpe.gov.br)

2.2.2 SENSORIAMENTO REMOTO PARA O MONITORAMENTO AMBIENTAL

Grandes avanços tecnológicos vêm ocorrendo em todos os ramos da ciência. Quanto aos estudos ambientais, os avanços tecnológicos têm ocorrido de forma rápida quando se diz respeito aos sistemas computacionais, que acabam por facilitar e melhorar as formas de levantamento e processamento de dados do meio ambiente para o monitoramento e planejamento. Dentro desses avanços encontram-se o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento.

Segundo Karnaukhova (2000) imagens adquiridas através das técnicas do sensoriamento remoto representam os modelos da superfície terrestre, que refletem a situação geográfica real no momento da aquisição da imagem, oferecendo assim grandes vantagens para um mapeamento sistemático de uma determinada região.

Dentre as principais características destas imagens estão as se aplicam ao monitoramento ambiental:

- a. A possibilidade de imageamento complexo da paisagem, incluindo os componentes naturais e antropogênicos;
- b. A vasta região espectral e a possibilidade da variação das combinações espectrais para os estudos específicos;
- c. A variação de escalas e a resolução espacial adequada aos trabalhos de monitoramento ambiental e atualização do Cadastro Técnico;
- d. A periodização do imageamento – de dezenas de minutos até dezenas de anos – que permite a continuidade do processo e a revelação das regularidades da vida das paisagens;
- e. A cobertura múltipla e contínua da superfície terrestre como a condição indispensável de monitoramento das áreas. Possibilita a cobertura das áreas inacessíveis pelas vias terrestres ou fluviais;
- f. A disponibilidade de tecnologias de interpretação e a edição e impressão computadorizada da informação em diversas formas (numérica, gráfica, televisiva, fotográfica, digital, etc.), a compatibilização de diversos sensores com os parâmetros digitais;
- g. A relativa rapidez e facilidade da sua aquisição que inclui as vantagens de ordem econômica comparado com os trabalhos de campo.

O fato de imagens de sensoriamento remoto serem utilizadas em investigação de caráter científico e econômico-científico amplia ainda mais os horizontes do seu aproveitamento para o monitoramento ambiental (Karnaukhova, 2000).

Collares (2000) desenvolveu uma pesquisa com o objetivo de apresentar as alterações na rede de drenagem de microbacias, em escala regional, como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas. Para tal pesquisa utilizou técnicas de geoprocessamento e como produto do sensoriamento remoto uma imagem do sensor Landsat ETM+, que considerou satisfatória para a obtenção do mapa de uso e ocupação do solo, na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari no estado de São Paulo.

Para detectar, caracterizar e quantificar as mudanças na vegetação dos municípios de Cedro e Solidão, no estado de Pernambuco, Sousa (2003) utilizou dados extraídos da imagem Landsat ETM+, conjugado ao uso de SIG (Sistema de Informações Geográficas), os quais permitiram rapidez na obtenção de dados quantitativos para avaliar o impacto das atividades antrópicas nos municípios.

Séries históricas, tanto de fotografias aéreas como de imagens de satélite são instrumentos indispensáveis para avaliação nas alterações de uso e ocupação do solo, bem como a delimitação e as alterações dos seus limites, ao longo do tempo, com a finalidade de obter resultados práticos que contribuam para avaliar a legitimidade e a idade das ocupações (Bittencourt e Loch, 1998).

Kelm (1999) em sua pesquisa utilizou fotografias áreas de datas distintas para a identificação da degradação ambiental restrita ao uso do solo e também das possíveis causas de degradação através da comparação com a legislação ambiental vigente em cada época. Para essas identificações e posterior análise, utilizou a fotointerpretação, que segundo Loch (1989), consiste no ato de examinar e identificar objetos ou situações em fotografias aéreas e outros sensores.

A partir de todas essas informações que podem ser extraídas de produtos do sensoriamento remoto, aliadas às suas séries históricas tem-se um importante instrumento para a realização de um monitoramento ambiental, podendo assim avaliar a evolução de fenômenos, assim como a situação de uso e ocupação do solo.

Independente da escala, tipo de sensor utilizado ou nível da plataforma de aquisição de dados, o sensoriamento remoto tem-se mostrado uma ferramenta importante para a análise das características e interações da paisagem, no qual a coleta de dados ocorre sem perturbar o ambiente ao redor (GALO 2000).

2.3 MATA CILIAR

A expressão Florestas Ciliares ou Matas Ciliares envolve todos os tipos de vegetação arbórea vinculada à beira de rios. Fitoecologicamente trata-se da vegetação florestal às margens de cursos d'água, independentemente de sua área ou região de ocorrência de sua composição florística (AB'SÁBER, 2001).

Os termos equivalentes, segundo Rodrigues (2001), da vegetação arbórea que margeia os cursos d'água e contrasta com os ambientes circunvizinhos abertos são: mata ciliar, mata de galeria ou floresta ripária.

A mata ciliar é um dos espaços protegidos que constituem as chamadas Áreas de Preservação Permanente (APP). As APPs, criadas pelo Direito Ambiental e materializadas em nosso direito positivo pelo Código Florestal são uma limitação à exploração e uso de determinadas áreas da propriedade rural para qualquer uma das atividades, sejam elas extrativistas, agrícolas ou pecuárias. São áreas reconhecidas como de utilidade pública, de interesse comum a todos (TRENTINI, 2004).

Segundo a Lei nº 4771/65, o Código Florestal, diz que são Áreas de Preservação Permanente, certas áreas públicas ou particulares, nas quais a supressão total ou parcial da vegetação natural só é permitida, mediante prévia autorização do Poder Executivo Federal, quando necessária a execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou de interesse social. Como exemplo de áreas de preservação permanente podem ser citadas: as margens dos rios; ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios d'água; e os topos de morros, montes, montanhas e serras. Por ato do Poder Público, outras áreas também podem ser definidas como de preservação permanente.

O Ministério do Meio Ambiente (2004) cita as principais funções das matas ciliares como sendo:

- a. Controlar a erosão nas margens dos cursos d'água, evitando o assoreamento dos mananciais;
- b. Minimizar os efeitos de enchentes;
- c. Manter a quantidade e a qualidade das águas;

- d. Filtrar os possíveis resíduos de produtos químicos como agrotóxicos e fertilizantes;
- e. Auxiliar na proteção da fauna local.

Quando ocorre o desmatamento desse tipo de vegetação, primeiramente é afetado seu entorno, por conseguinte equilíbrio de todo um ciclo hidrológico. Braga (2002) apresenta um esquema dos efeitos de um desmatamento, com redução drástica ou eliminação total da vegetação, mostrado na figura 04.

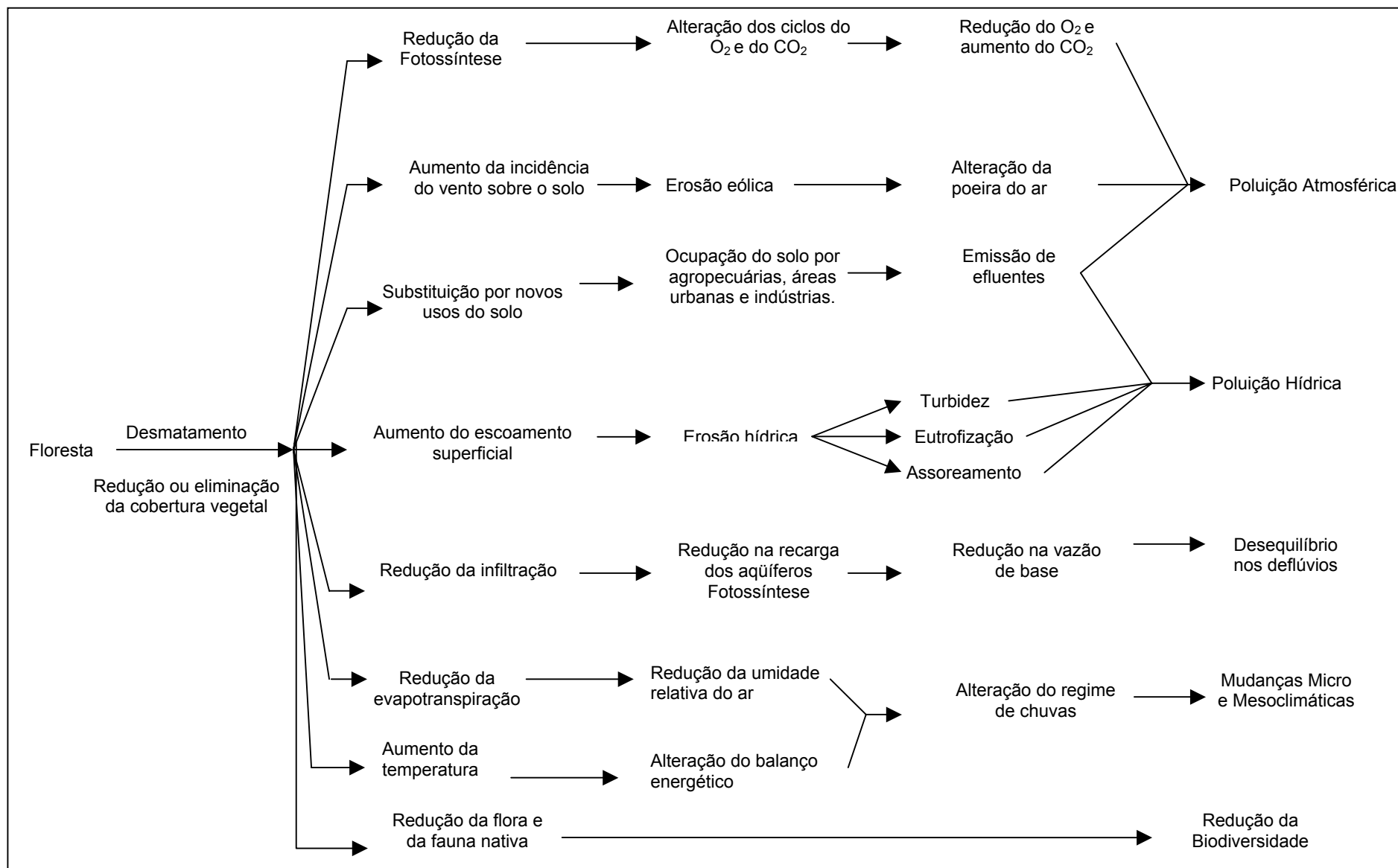


Figura 04 – Impactos devido ao Desmatamento
Fonte: adaptado de BRAGA (2002)

As áreas ocupadas pelas matas ciliares são chamadas de Zonas Ripárias estando intimamente ligadas ao curso d'água. A elevada freqüência de alterações que ocorrem nestas áreas devido aos processos físicos que moldam continuamente os cursos d'água, requer uma vegetação de cobertura com alta variação em termos de estrutura, composição e distribuição espacial. Esses processos físicos vão desde os intervalos de recorrência curtos de cheias anuais, até fenômenos mais intensos das enchentes decenais e seculares (JACOMINE, 2001).

A Legislação Ambiental estabeleceu larguras às faixas de proteção – mata ciliar – de acordo com a largura dos cursos d'água (rios, lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais) que estas margeiam. Segundo o Código Florestal Brasileiro, as larguras mínimas estabelecidas, foram as seguintes:

- a. 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b. 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c. 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d. 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e. 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.

Segundo Jacomine (2001) a função ecológica das matas ciliares, por serem consideradas como corredores extremamente importantes para o movimento da fauna ao longo da paisagem, assim como para a dispersão vegetal, já é o suficiente para se justificar a necessidade de sua conservação. Portanto, a isto ainda deve-se somar a sua função hidrológica na manutenção da integridade da microbacia hidrográfica, representada por sua ação direta numa série de processos importantes para a estabilidade da microbacia, a manutenção da qualidade e quantidade de água, assim como a manutenção do próprio ecossistema aquático.

A intensa degradação, associada às questões legais e principalmente hídricas, tem incentivado algumas iniciativas de restauração das florestas ciliares nas últimas décadas, geralmente com a finalidade de proteção de reservatórios de abastecimento público de geração de energia ou a recuperação de áreas ciliares mineradas (RODRIGUES & NAVE, 2001).

Segundo os mesmos autores as conseqüências da destruição da faixa de mata ciliar implicam em: aumento da erosão do solo; perda da camada biologicamente ativa do solo; assoreamento de rios, lagos e reservatórios; aumento da frequência e cotas atingidas pelas inundações sazonais e, sobretudo a inestimável perda da biodiversidade local e regional.

2.4 FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL

A fragmentação florestal é um fenômeno associado com a expansão da fronteira agrícola e tem recebido maior atenção devido às elevadas taxas de desmatamento e seus conseqüentes efeitos (VIANA 1997 *apud* AMADOR & VIANA, 1998).

Os remanescentes de vegetação conhecidos como fragmentos florestais, advindos de vários anos de desmatamento progressivo, constituem hoje um dos maiores desafios para a conservação. Esses novos ambientes criados pelo homem abrigam uma diversidade biológica ainda não calculada e altamente ameaçada. O efeito da fragmentação pode ser avaliado no nível biótico e abiótico. No primeiro, o efeito se concretiza em várias mudanças na estrutura e dinâmica da comunidade vegetal, na diversidade e abundância da fauna e nas interações entre ambas, como as causadas pela infestação de cipós, aumento de colonização por espécies alienígenas, interrupção do fluxo gênico e aumento da mortalidade de animais e plantas (Lovejoy & Bierregaard 1990; Murcia 1995 *apud* Espírito-Santo et al 2002).

Os efeitos abióticos não são menos importantes, mas são mais fáceis de serem percebidos e quantificados. Aumento da temperatura, radiação solar e evapotranspiração, redução da umidade relativa e da retenção da precipitação, aumento do risco de erosão, assoreamento de cursos d'água e diminuição de resistência à ação do vento provocando queda de árvores são apenas alguns exemplos (Kapos 1989; Laurence & Yensen 1991).

Os espaços entre fragmentos, com vegetação degradada ou ausente de vegetação são lugares propícios a formação de corredores pelos quais a água da chuva escoará formando enxurradas com carregamento de partículas do solo.

Esses efeitos bióticos e abióticos são mais pronunciados na borda do fragmento. Segundo Cintra et al (2001), em um projeto denominado Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais, verificou que com a Fragmentação as taxas de mortalidade e dano de árvores, cresceram bastante em uma faixa de até 100m de borda do fragmento. Aparentemente, isso ocorreu porque as árvores próximas à borda são muito mais sensíveis as condições microclimáticas que ali ocorrem, como ventos mais fortes, temperaturas mais elevadas e menor umidade.

A excessiva fragmentação tem implicações muito sérias com a conservação da biodiversidade, podendo ocorrer várias situações: algumas espécies de populações restritas serem extintas; umas manterem-se exclusivamente em um ou poucos fragmentos isoladas, e outras se tornarem extremamente isoladas, mas em vários fragmentos disjuntos, formando populações que sobrevivam sem rocas gênicas, em função da perda de dispersos, o que pode levar a espécie à extinção, em prazos relativamente curtos (LEITÃO FILHO, 1996).

Capítulo 3

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 ASPECTOS FÍSICOS

3.1.1 LOCALIZAÇÃO

O Reservatório da Hidrelétrica da Itaipu está localizado na bacia hidrográfica do Paraná III na porção do extremo oeste do Estado do Paraná, a qual faz parte do conjunto de bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Paraná. A Bacia do Paraná III localiza-se entre os paralelos 24° 01' 39" e 25° 35' 22" S e entre os meridianos 53° 26' 16" e 54° 37' 00" W e possui área de aproximadamente 8000 km².

No trecho binacional, entre o Brasil e o Paraguai, o Rio Paraná sofria em seu leito, um acentuado desnível de cerca de 120 metros, entre paredes de basalto, altas e relativamente estreitas, que acabaram tornando-o um rio de fortes correntezas (RIBEIRO, 2002). Segundo Caubet (1991), pelo fato do rio apresentar um regime de fluxo de água muito turbulento, o local foi escolhido para implantação do complexo hidroelétrico devido o seu grande potencial.

A construção da Hidrelétrica de Itaipu foi iniciada em 1974 e finalizada em 1982, quando as dozes comportas foram fechadas, iniciando-se o enchimento de um dos maiores lagos artificiais do mundo, bastando 14 dias para que o Lago estivesse formado (RIBEIRO, 2002).

Após a implantação da barragem, para proteção do reservatório foi estabelecida uma faixa de proteção, sendo estendida ao longo da margem do reservatório possuindo uma largura de 100 a 500m no lado brasileiro. A área de estudo é parte da faixa de proteção da maior Bacia que compõe a Bacia do Paraná III, a Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro (figura 05).

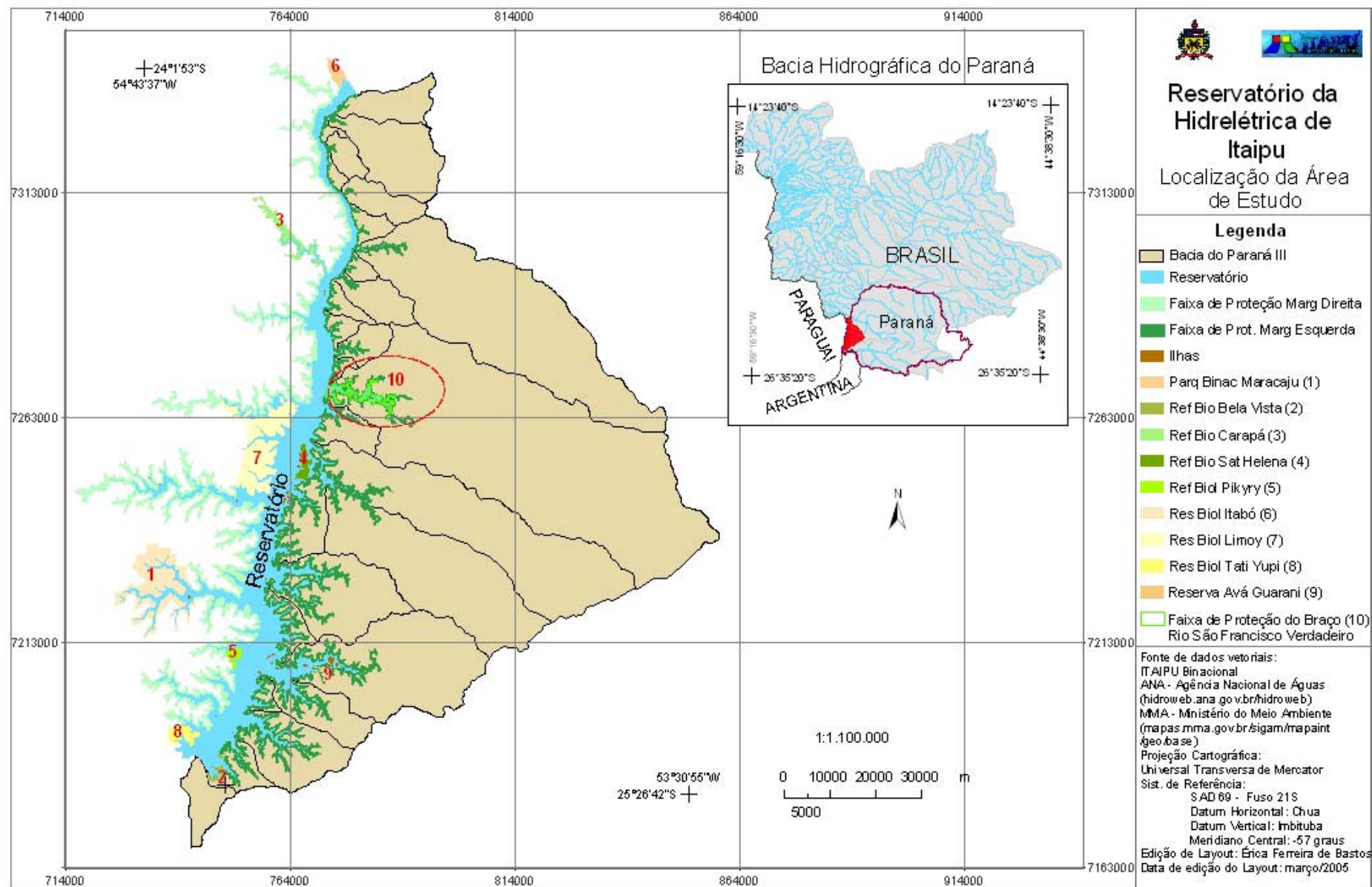


Figura 05 - Mapa de Localização da Área de Estudo

3.1.2 GEOLOGIA E RELEVO

Segundo Moreira & Lima (1977) a Bacia do Paraná III situa-se em uma morfoestrutura denominada Bacia Sedimentar do Paraná. Sua porção é preenchida pela sedimentação Mesozóica (225 a 65 milhões de anos atrás). Esta grande morfoestrutura do relevo oferece dois aspectos distintos: a Zona de Desnudação Periférica e a Zona do Capeamento Basalto-Arenítico. Está localizada no Terceiro Planalto da Zona do Capeamento Basalto-Arenítico, onde se desenvolveu em grande conjunto de relevos planálticos. A mesma se encontra no Planalto Meridional que por sua vez faz parte do Planalto Brasileiro.

Bigarella et al (1994), descreve o terceiro planalto como uma região levemente ondulada, com chapadas de encostas suaves. A estrutura geológica desempenha papel importante sobre a ação erosiva dos canais fluviais. As variações litológicas e as linhas de fraqueza estão associadas às freqüentes rupturas de gradiente, ao longo dos perfis longitudinais dos rios.

Dotada de condições climáticas que favorecem a permanência da água nos leitos fluviais durante todo o ano, a Zona do Capeamento Basalto-Arenítico oferece condições excepcionais para o aproveitamento do seu potencial hidráulico. Destaca-se o grande *canyon* do rio Paraná, a jusante de Sete Quedas, como importante nível de base para a Bacia do Paraná, em altitudes de 45 a 49 metros em sua base. Igualmente o rio Iguaçu desenvolveu importantes quedas d'água na área próxima à confluência com o Rio Paraná (Moreira & Lima, 1977).

Cabe salientar que nessa confluência foi implantada a Hidrelétrica de Itaipu, devido às grandes quedas ali formadas e que as Sete Quedas deixaram de existir devido a esse grande empreendimento do Setor Elétrico.

A altitude predominante no terceiro planalto varia de 300 a 600 m acima do nível do mar, sendo que no entorno do Reservatório, predomina uma faixa continua de terras com altitudes não superiores aos 300 m (LEONARDO et al, 2003).

3.1.3 HIDROGRAFIA

Segundo Santos (1977) “a drenagem da Região Sul, representada em superfície por uma hidrografia rica em rios caudalosos e abundantes, marca, na paisagem regional, sua impressão de grandiosidade e importância, notadamente pela riqueza do potencial hidráulico dos rios que se entalham no Planalto Meridional, decorrência da estrutura geológica e das boas condições hídricas que o caracterizam”.

Segundo a Itaipu Binacional (1994) o Paraná configura o principal curso d'água da Bacia do Paraná III, originando-se da confluência dos rios Paranaíba e Grande, em território brasileiro, correndo no sentido sudoeste em direção ao Salto de Guairá (antiga Sete Quedas), onde muda de direção, seguindo ao sul, formando os 190km de margem entre o Brasil e o Paraguai.

Na porção da bacia do Paraná III, tem como tributários, da margem esquerda (território brasileiro), os rios Taturi, Chororó, Guaçu, São Francisco Verdadeiro, São Francisco Falso Braço Norte, São Francisco Falso Braço Sul, Dois Irmãos, São Vicente, Ocof, Pinto, Passo Cuê e Guabiroba. Após a confluência com os rios Iguaçu (Brasil) e Acary (Paraguai), escoar na direção oeste através da Argentina desembocando no Rio do Prata. Da sua origem, de seus principais tributários no Brasil, até desembocar no rio do Prata, o Rio Paraná percorre 3500km (ITAIPU BINACIONAL, 1994).

O Rio Paraná, bem como todos os seus afluentes, entre o Salto de Guairá e a cidade de Foz do Iguaçu, tiveram seus canais modificados devido à implantação da Hidrelétrica de Itaipu, construída no leito do Rio Paraná. A barragem da Hidrelétrica deu origem a um lago de 1350 km², dos quais 770 km² estão do lado brasileiro (ITAIPU BINACIONAL, 2004). Servindo de divisa entre o Brasil e o Paraguai, o Rio Paraná adquiriu, em termos de Direito Internacional, a qualidade jurídica de “rio binacional”, tornou a hidrelétrica um empreendimento binacional – Brasil/Paraguai.

3.1.4 VEGETAÇÃO

Segundo a divisão fitogeográfica do Brasil, a vegetação da área em questão é a Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE, 2004).

Segundo a Itaipu Binacional (1994) antes da implantação da Hidrelétrica de Itaipu, entre as pesquisas realizadas estava o estudo da vegetação existente, onde foi a mesma foi classificada como Sub-tropical Úmida. Uma área de 3860km² foi pesquisada em 1975 identificando-se o uso da terra, sendo composta da seguinte forma: Floresta (47,6%); Agricultura (50,5%); Solo úmido (0,7%) e Corpos hídricos (0,7%). Da pesquisa 110 espécies de árvores de valor comercial foram identificadas e a área tinha um volume comercial florestal de 191500m³ / km² sendo as espécies com grande valor comercial o cedro, o ipê, o pau-marfim, a peroba e a canela. Além disso, foram identificadas 103 famílias e 463 espécies botânicas, com duas espécies raras – *Miconia Jucunda* e *Marsdenia SP*.

Após a implantação da barragem, para proteção do reservatório foi estabelecida uma zona de proteção, sendo estendida ao longo da margem do reservatório possuindo uma largura de 100 a 500m no lado brasileiro. Somente 8% desta zona, no Brasil, era coberta por mata virgem, devido ao uso intensivo da terra para a agricultura. Desta forma o “Gralha Azul”, projeto assim nomeado devido a um pássaro conhecido por espalhar sementes, foi implementado com o objetivo de restaurar a floresta de cobertura na zona de proteção (ITAIPU BINACIONAL, 1994).

Para o reflorestamento completo da área seriam necessárias 22 milhões de árvores, mas por causa da capacidade de regeneração natural da mata somente 16 milhões foram necessárias. O programa “Gralha Azul” iniciou em 1983 e continuou até a cobertura completa. Para suporte ao programa, estufas foram estabelecidas para fornecer mudas de plantas nativas e em 11 anos essas produziram por volta de 20 milhões de mudas que foram usadas para o reflorestamento e também no paisagismo da área residencial da Itaipu (ITAIPU BINACIONAL, 1994).

3.1.5 CLIMA

Segundo a Itaipu Binacional (2004) o clima na área é subtropical, sem estação seca. A temperatura média anual é de 22° C, atingindo máximas de até 40°C e mínimas em torno de 0 °C. A umidade relativa do ar média é alta em todo o ano, com média anual de 80%. A média anual, da chuva, é de 1870 milímetros, normalmente distribuída no tempo, com índices menores em julho e maiores em outubro. As chuvas são bem distribuídas o ano, variando entre 1.200 a 1.800 mm.

Ainda segundo a Itaipu Binacional a avaliação da intensidade e do alcance da eventual modificação climática na região, em função da formação do lago, vem sendo estudados e pesquisados. Resultados obtidos indicam que a influência do reservatório é muito restrita, limitando-se a um pequeno aumento da umidade específica e da temperatura mínima, em faixas menores que cinco quilômetros em relação às margens. Os estudos sugerem também que a mudança nos padrões climáticos locais é resultado do desmatamento e, especialmente, de variações globais, e não da massa de água represada.

3.2 ASPECTOS TERRITORIAIS ADMINISTRATIVOS

Os Municípios que são lindeiros do reservatório da Hidrelétrica de Itaipu são: Foz do Iguaçu, Santa Terezinha de Itaipu, São Miguel do Iguaçu, Itaipulândia, Medianeira, Missal, Santa Helena, Diamante D'Oeste, São José das Palmeiras, Entre Rios D'Oeste, Pato Bragado, Marechal Cândido Rondon, Mercedes, Guairá e Terra Roxa (Figura 06). Suas características demográficas são apresentadas na tabela 02.

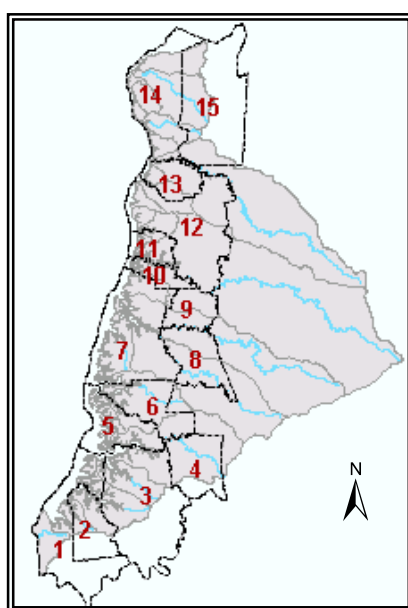


Figura 06 – Gestão Política – escala aprox. 2.250.000
Fonte: Itaipu Binacional (2003)

Tabela 02 – População dos Municípios Lindeiros

Município	População Urbana (hab.)	População Rural (hab.)	Área (km ²)	Densidade Demográfica hab/ km ²
1 Foz do Iguaçu	256370	2019	589,10	438,63
2 Santa T. de Itaipu	16289	2072	288,5	63,65
3 São Miguel do Iguaçu	14253	10179	851,4	28,70
4 Medianeira	33245	4583	249,9	128,29
5 Itaipulândia	3756	3075	337,5	20,24
6 Missal	4972	5463	346,2	30,14
7 Santa Helena	20487	10676	753,1	27,20
8 Diamante D'Oeste	2484	2394	311,0	15,69
9 São J. Palmeiras	2263	1846	180,8	22,73
10 Entre Rios do Oeste	1989	1341	131,6	25,31
11 Pato Bragado	56762	5428	539,1	115,35
12 Marechal Cândido Rondon	31250	9764	669,4	61,27
13 Mercedes	1496	3109	200,9	22,92
14 Guairá	24884	3784	503,6	56,93
15 Terra Roxa	11033	5260	843,4	19,32

Fonte: IBGE (2000)

Capítulo 4

4 MATERIAIS e MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

4.1.1 EQUIPAMENTOS E SOFTWARE

Software licenciados e equipamentos pertencentes ao Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da Universidade Federal de Santa Catarina:

- a. Programa ENVI 4.0 – The Environment for Visualizing Images – Better Solutions Consulting Limited Liability Company, para processamento digital da imagem de satélite;
- b. Programa ArcView 8.3 para geoprocessamento das informações geoambientais.

4.1.2 MATERIAIS DE CARTOGRAFIA E SENSORIAMENTO

- a. Imagem Landsat 7 ETM+ de 2002; projeção UTM; datum SAD 69; fuso 21S, resolução espacial de 30 metros de 25/02/2002;
- b. Base Cartográfica em meio digital produzida pela COPEL, 1996 cedida pela Itaipu Binacional na escala (1:25 000);
- c. Ortofotocartas de 1996 em formato digital, cedidas pela Itaipu Binacional, levantamento feito pela empresa AERODATA, na escala de 1:10 000.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 ELABORAÇÃO DO MAPA DE LOCALIZAÇÃO

O mapa de localização da área de estudo (figura 01), o Reservatório da Hidrelétrica de Itaipu, foi confeccionado no ArcView 8.3. Foram utilizados arquivos em formato *shapefile* cedidos pela Itaipu Binacional e outros foram conseguidos, via Internet, no site da ANA – Agência Nacional de Águas. Ocorreram alguns conflitos entre esses arquivos, pois os arquivos da Itaipu estavam em Coordenadas UTM e outros estavam em Coordenadas Geográficas. Portanto foi necessária a conversão dos arquivos em Coordenadas Geográficas para Coordenadas UTM, realizada com o aplicativo *Toolbox*.

4.2.2 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS LEGAIS E AMBIENTAIS PARA ANÁLISE

O termo análise consiste no exame de cada parte de um todo, tendo em vista conhecer sua natureza, suas proporções, funções, relações entre outros (FERREIRA, 1982)

Análise significa etimologicamente resolução de um todo em suas partes. Significa o método da dissecação de um todo, real ou conceitual, em seus conteúdos parciais (ABBAGNANO, 1982).

Os problemas ambientais existentes no reservatório da hidrelétrica em questão, relacionados à mata ciliar, estão diretamente ligados à questão da eficácia desta vegetação. Muitos são os parâmetros que interligados conferem sustentabilidade às matas ciliares, devendo estar dentro de padrões, dos quais alguns são regulamentados pela legislação ambiental, como é o caso da largura da faixa de mata ciliar.

Levando em consideração o tipo de material disponível e o tipo de pesquisa desenvolvida definiu-se parâmetros geoecológicos para um embasamento no que se refere a essa eficácia da vegetação no entorno do reservatório da Hidrelétrica da Itaipu, optando-se por análise de:

1. Largura da faixa de proteção: largura da faixa, composta por vegetação, determinada pela legislação ambiental com o propósito de proteger os cursos d'água.
2. Densidade: concentração de espécies arbóreas em uma determinada área.
3. Fragmentação florestal: remanescentes de vegetação conhecidos como fragmentos florestais advindos de desmatamento progressivo.

Esses três parâmetros, não são os únicos na composição da estrutura de uma mata ciliar, mas são de suma importância para uma análise ambiental.

4.2.3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

4.2.3.1 Corte da imagem

Após reunir e organizar todos os dados optou-se por cortar a imagem Landsat 7 ETM+, pois grande parte da área imageada, não era de interesse da pesquisa, tornando assim o arquivo da imagem mais leve para o processamento digital da imagem e posterior geoprocessamento. Foram cortadas as sete bandas no software ENVI 4.0, com a ferramenta “resize data”, definindo a área entre as coordenadas do canto superior esquerdo (735532,89 E e 7325491,59 N) e do canto inferior direito (818407,89 E e 7174641,59 N).

4.2.3.2 Composição de Bandas da Imagem Landsat 7 ETM+

Nesta etapa foi realizada a operação aritmética denominada composição de bandas, que segundo Crosta (1992) tem o objetivo de realçar determinadas funções e combinar a informação contida em diferentes bandas. A composição da imagem de satélite Landsat 7 ETM+ foi gerada para a análise geral da situação da mata ciliar. Além disso,

a composição colorida foi realizada com a finalidade realçar os dados contidos na imagem e aumentar o grau de extração de informações do olho humano, para posterior análise da presença da vegetação e sua classificação.

Portanto, foi realizada a composição falsa cor, RGB432 – pois com essa composição a água absorve quase que total essa radiação, tendo uma refletância próxima a zero e a vegetação por sua vez reflete em maior quantidade, fazendo com que os corpos d'água fiquem bem delimitados e que a vegetação se realce. Para tal etapa, utilizou também o software ENVI 4.0, que é processador de imagens.

Para a análise de todos os parâmetros ambientais escolhidos a composição realizada não foi suficiente, porque na tentativa de identificar as diferentes feições na imagem que revelassem o parâmetro densidade, a composição deixou dúvidas. Logo, optou-se pela utilização de um índice, capaz de realçar com maior detalhamento a classe vegetação, chamado NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

Segundo Mesquita Jr. (1998) modelos matemáticos têm sido desenvolvidos, desde o início da década de 70, com o objetivo de reduzir os efeitos atmosféricos e a condição de iluminação, os quais relacionam assinatura espectral e parâmetros mesuráveis no campo. Existem vários parâmetros, mas os mais utilizados para o estudo da cobertura vegetal são os índices de vegetação. Estes são diretamente proporcionais à fitomassa foliar verde e sempre relaciona as respostas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo.

A relação da vegetação com as faixas do vermelho e infravermelho próximo vem sendo estudada desde a origem das primeiras fotografias infravermelho falsa-cor para o conhecimento do estado senil das folhas de áreas com vegetação (POLCYN, 1969 *apud* MESQUITA JR, 1998).

Portanto, o NDVI minora a variação na iluminação na vegetação, utilizando uma razão entre a diferença da medida da reflectância nos canais do infravermelho próximo e vermelho e a soma desses canais, ou seja,

$$NDVI = (p2 - p1)/(p2 + p1)$$

onde, p1 e p2, representam respectivamente, os valores da reflectância na região do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético de objetos na superfície

terrestre (ROUSE et al, 1974 *apud* JACINTHO, 2003). Sendo assim, esta expressão para a imagem do Landsat 7 ETM+ pode ser reescrita da seguinte forma:

$$NDVI = (B4 - B3)/(B4 + B3)$$

Onde: B4 – banda 4

B3 – banda 3

O Software ENVI 4.0 faz esse tipo de operação. Com as bandas da imagem Landsat 7 ETM+ , são abertas as bandas 3 e 4 referentes ao vermelho e o infravermelho próximo, respectivamente. Inicialmente utilizou-se da operação TRANSFORM→ NDVI (vegetation index), (figura 07), localizada na barra de ferramentas. No procedimento são abertas duas janelas, onde na primeira selecionou uma das duas bandas e confirmou, abrindo assim, a segunda janela (figura 08) colocando a banda 3 no RED e a banda 4 no NEAR IR. O tipo de sensor utilizado também foi selecionado, que neste caso é o Landsat TM. O arquivo gerado foi como se fosse uma outra banda, logo fez uma composição como a imagem falsa cor, apenas substituindo a banda 2 pelo NDVI. O resultado da composição e a comparação entre as duas composições podem ser verificados na figura 09.

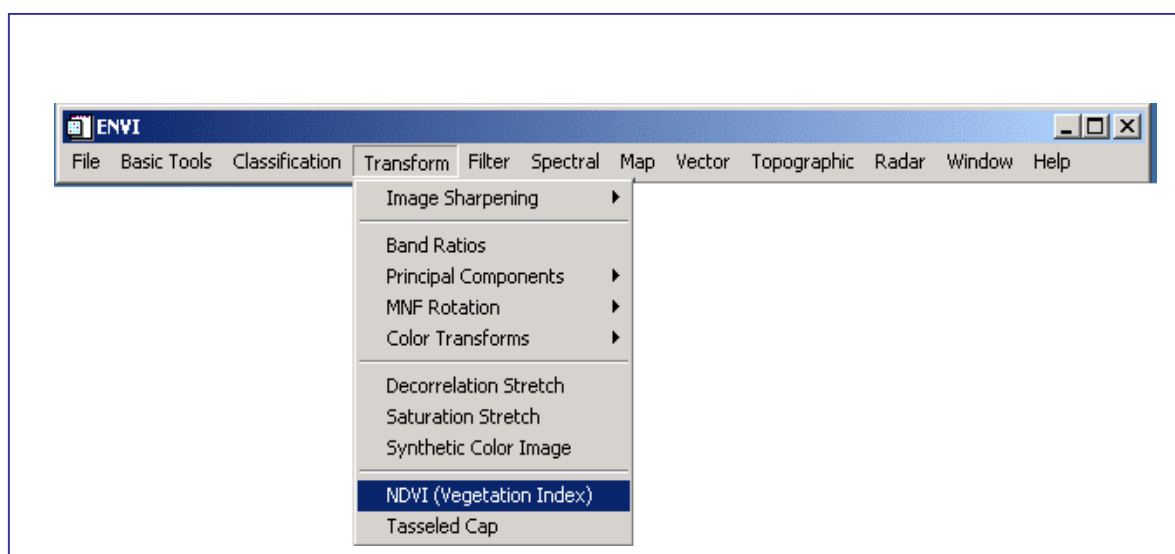


Figura 07 – NDVI (Vegetation Index)

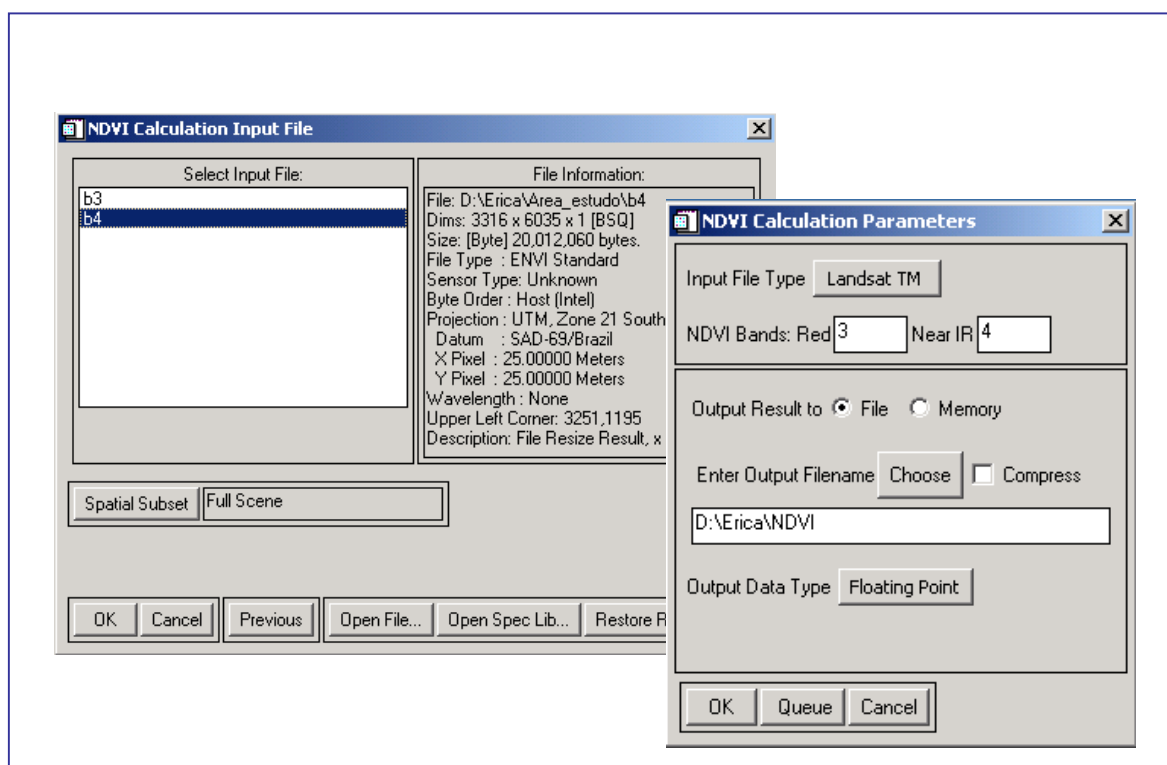


Figura 08 – Cálculo do NDVI

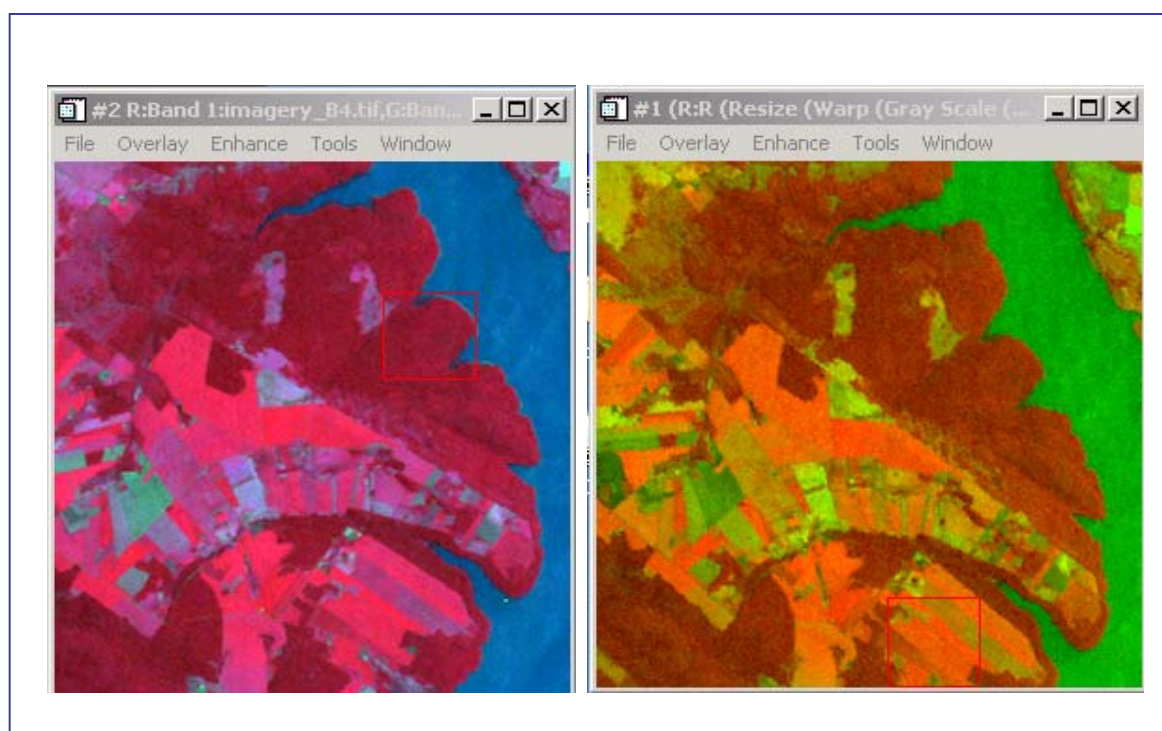


Figura 09 – Composição RGB 432 e NDVI

4.2.3.3 Classificação Supervisionada – Método Paralelepípedo

Um dos aspectos básicos da aplicação do sensoriamento remoto aos mapeamentos temáticos é a definição de um sistema de classificação que seja adequado ao estudo que se pretende desenvolver. É importante estabelecer claramente as classes que constarão do mapeamento, e nesse processo deve ser levado em consideração o nível de detalhamento oferecido pelos dados disponíveis (GALO, 2000).

A classificação de imagens tem o intuito de gerar polígonos que reúna dentro de seu interior, componentes da imagem, que tenham o mesmo comportamento espectral. Neste trabalho foi realizada com o objetivo de tornar mais visível à situação da densidade da mata ciliar. Essa pode ser do tipo supervisionada e não supervisionada.

A supervisionada é comumente utilizada quando se deseja extrair informações temáticas quanto ao uso e ocupação do solo (COLLARES, 2000). Nesse tipo de classificação são escolhidas áreas para serem usadas como um padrão de comparação, com a qual todos os pixels desconhecidos da imagem serão comparados para se decidir a qual classe eles pertencem. Os métodos mais conhecidos para esse tipo de classificação são do paralelepípedo, distância mínima e máxima verossimilhança.(CROSTA, 1992).

Diferentemente da primeira, a classificação não-supervisionada parte do pressuposto que o computador conhece os dados da imagem, sendo capaz de classificá-las sem que haja a escolha de amostras para cada classe.

Nesta pesquisa foi realizada a classificação do tipo supervisionada, no software ENVI 4.0, onde as informações foram transformadas em amostras de treinamento, chamadas de regiões de interesse (ROIS – Region of Interest).

Para a interpretação da imagem de satélite, aplicado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, foram consideradas características como tonalidade, textura, geometria e aspectos associados. A tonalidade, por exemplo, foi importante na identificação de objetos diferentes, pois segundo Guerra et al. (2002) cada objeto reflete, emite e transmite diferentes quantidades e comprimentos de onda de energia, que são gravadas como variações tonais na imagem.

Primeiramente foram selecionadas as áreas de interesse na imagem com aplicação do NDVI, escolhendo assim, os diferentes tipos de respostas dadas pela vegetação, quanto sua densidade e distribuição espacial, em função da sua tonalidade e textura. Foram escolhidos três estágios apresentados pela mata ciliar, baseado nas respostas espectrais da imagem:

1. Vegetação muito densa – são áreas que apresentam baixa antropização ou que permanecem em seu estado mais primário. Os fragmentos dessa classe apresentam tonalidade vermelho-escuro, nas imagens de satélite e com textura bastante rugosa e uniforme, notando-se bem a variação de tonalidade se comparado às outras categorias. Pode variar em sua estrutura de vegetação em função do tipo de solo (figura 10).

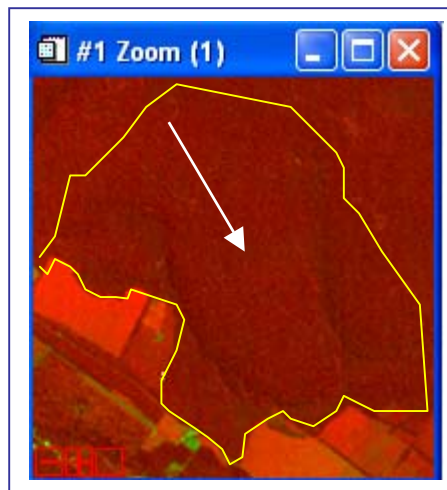


Figura 10 – Resposta da Vegetação Muito Densa

2. Vegetação densa - são áreas onde houve algum tipo de ação antrópica, para retirada de espécies arbóreas ou ainda áreas com vegetação em processo de regeneração avançado que ainda não conseguiram alcançar altura máxima. Apresenta tonalidade vermelho-escuro com pigmentações vermelho mais claro, com maior afastamento entre as copas das copas das árvores e textura também rugosa, mas diferenciada da vegetação muito densa. Ainda pode apresentar tonalidade vermelho-claro com textura uniforme. Por ter sido áreas antropizadas apresentam bordas bem delineadas (figura 11), que é o caso de quase toda vegetação no entorno do reservatório da Itaipu (figura 12).

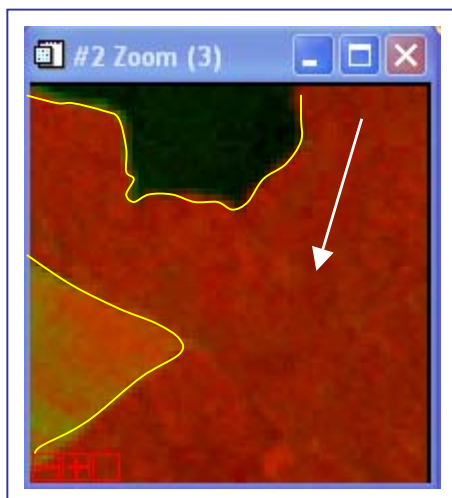


Figura 11 – Resposta da Vegetação Densa

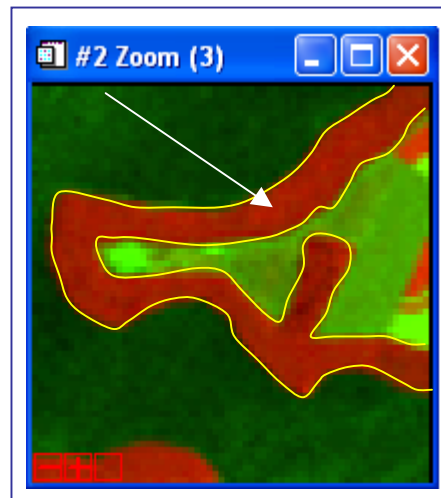


Figura 12 – Resposta da Vegetação Densa

3. Vegetação rasteira - são áreas constituídas por pastos e cultivos cíclicos abandonados apresentam tonalidade vermelho-claro com aparecimento de manchas escurecidas que representam a reconstituição da vegetação, alaranjadas que representam os locais com vegetação comumente chamada de capoeira baixa e ainda manchas esverdeadas que mostram o solo exposto (figura 13).

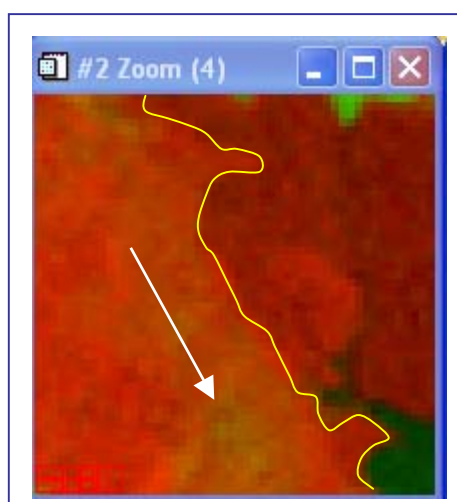


Figura 13 – Resposta Vegetação Rasteira

Após a definição das regiões foi escolhido o método do paralelepípedo para gerar a classificação. O método do paralelepípedo segundo Jesen (1986) *apud* Collares (2000) considera uma área no espaço n-dimensional, ao redor da amostra de treinamento e por lógica simples ou booleana, enquadra ou não os pixels desconhecidos na classe. Os pixels não enquadrados entre os valores máximos e mínimos das classes são incluídos em uma categoria denominada não classificada.

O método do paralelepípedo foi o escolhido, pois foi o que apresentou melhor resultado se comparado com os outros métodos, porque este método classificou apenas a vegetação, não se preocupando com os outros tipos de uso e ocupação do solo que acabaram sendo estabelecidos como “não-classificados”, representados pela cor preta (figura 14).

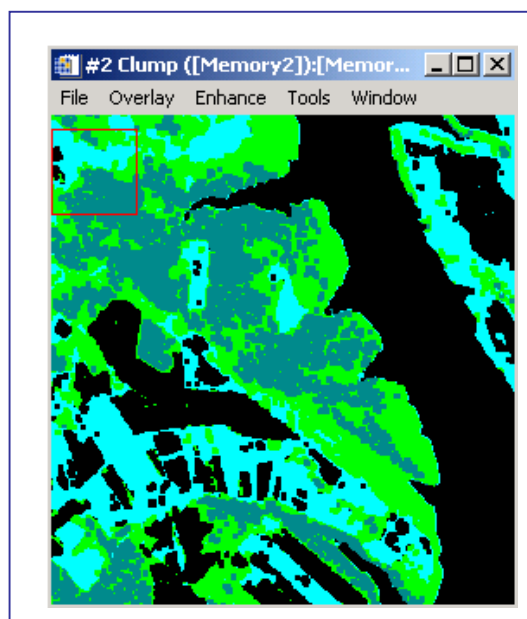


Figura 14 – Classificação Supervisionada pelo método Paralelepípedo

4.2.4 VETORIZAÇÃO DAS CLASSES

Para a vetorização das classes resultantes da classificação pelo método do paralelepípedo, foi utilizado o software ENVI 4.0 na opção *vector* → *classification to vector* a partir da qual irá aparecer a janela *raster to vector input band*, onde deverá ser

escolhido o arquivo a ser vetorizado. Selecionado o arquivo segue-se para a escolha de parâmetros na janela *raster to vector parameters*, devendo ser determinada a classe a ser vetorizada e ainda se a vetorização será um layer para todas as classes ou geral e de um layer por classe (figura 15). Para o trabalho foi definida a vetorização de um layer por classe (figura 16).

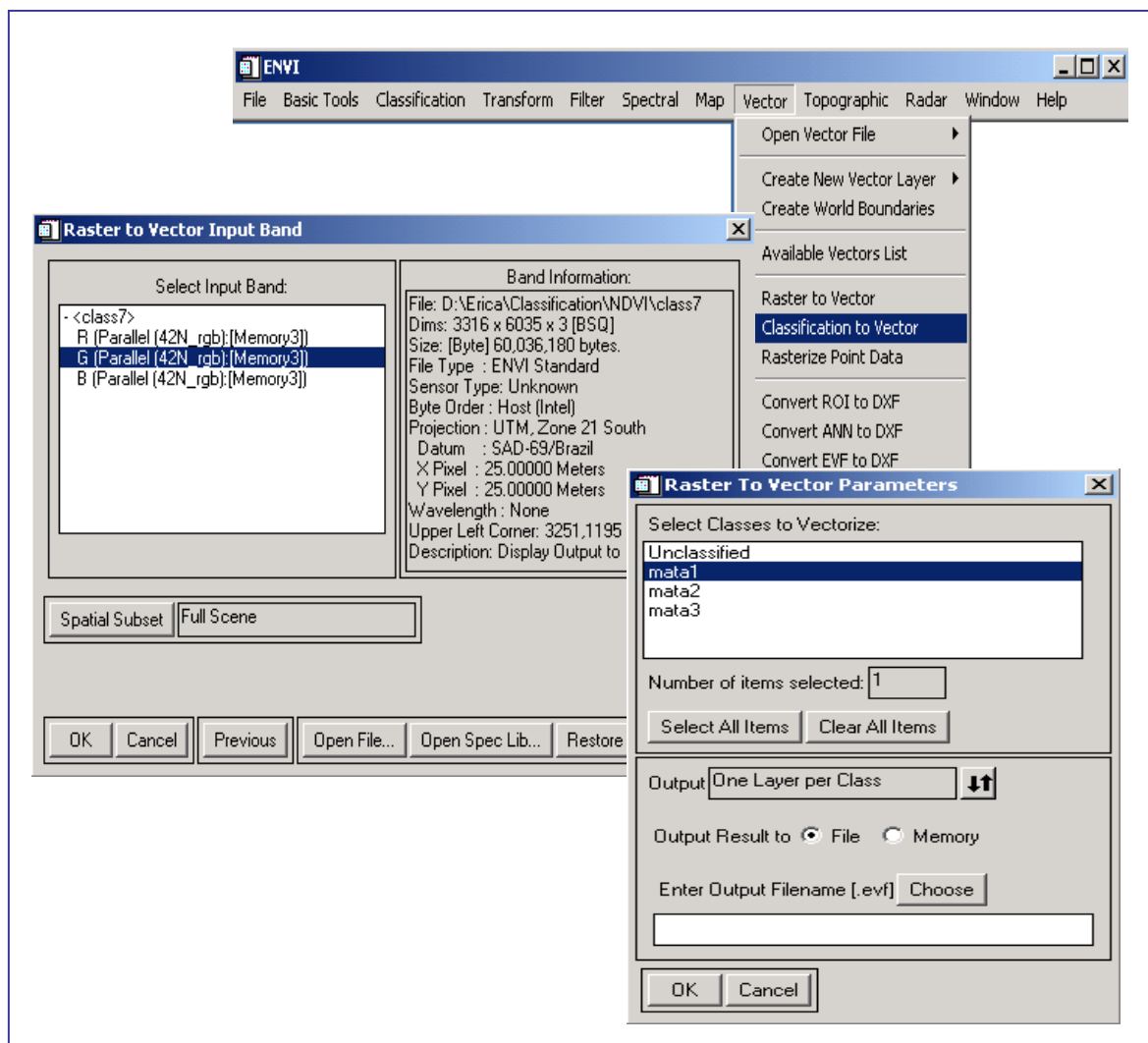


Figura 15 – Procedimentos para a vetorização

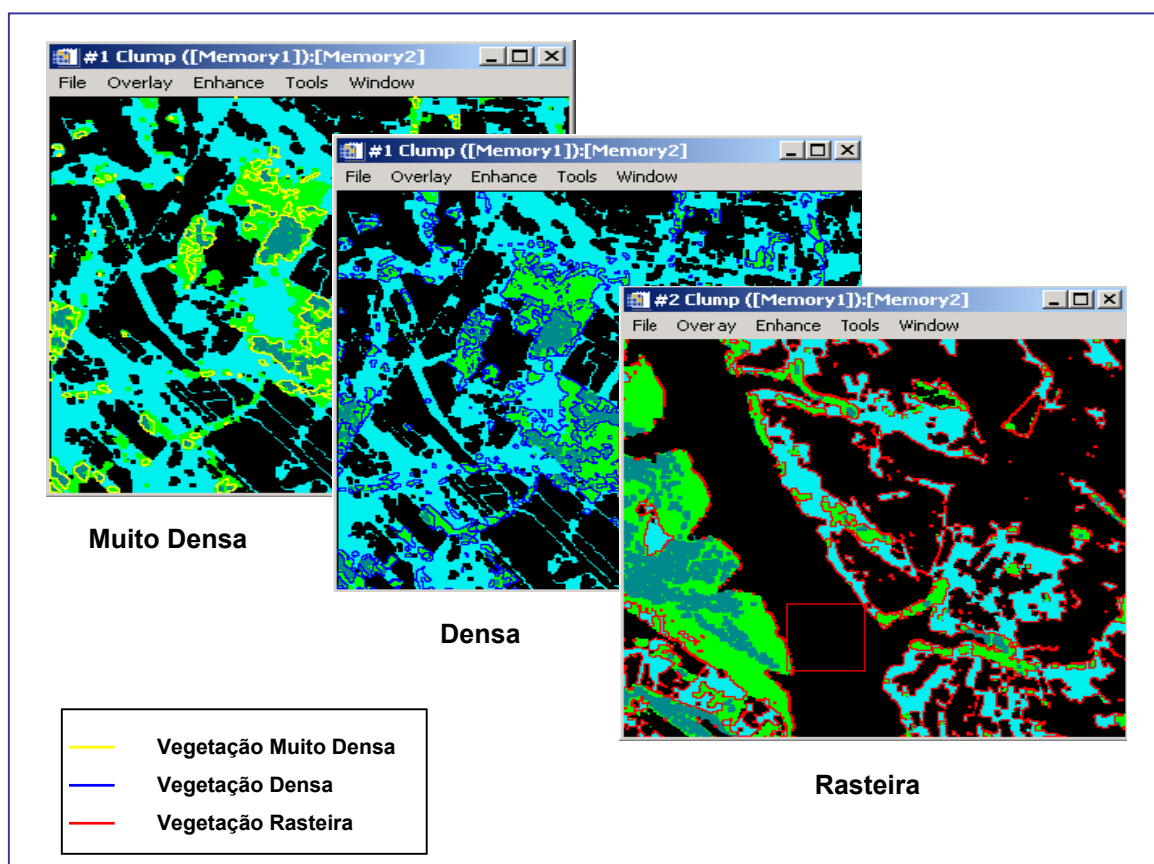


Figura 16 – Vetores das classes

4.2.5 MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DA MATA CILIAR

4.2.5.1 Escolha da Área para Análise dos Parâmetros

Para o mapeamento da mata ciliar foi necessária a escolha de uma área piloto devido às grandes dimensões do reservatório. Como dito no item 1.2, a Itaipu Binacional vem desenvolvendo o Programa Cultivando Água Boa e a priori começou a ser desenvolvido na maior sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Paraná III, a do São Francisco Verdadeiro (figura 17). Portanto, a mata a ser mapeada, para posterior análise, é a que se localiza no entorno do lago, a qual pertencente à Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro. Foi estabelecido um limite para a área que não comprometesse a análise da mata ciliar, cuidando para que abrangesse todo o entorno do lago dentro da Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro, sem que atingisse a zona destinada à área de preservação permanente.

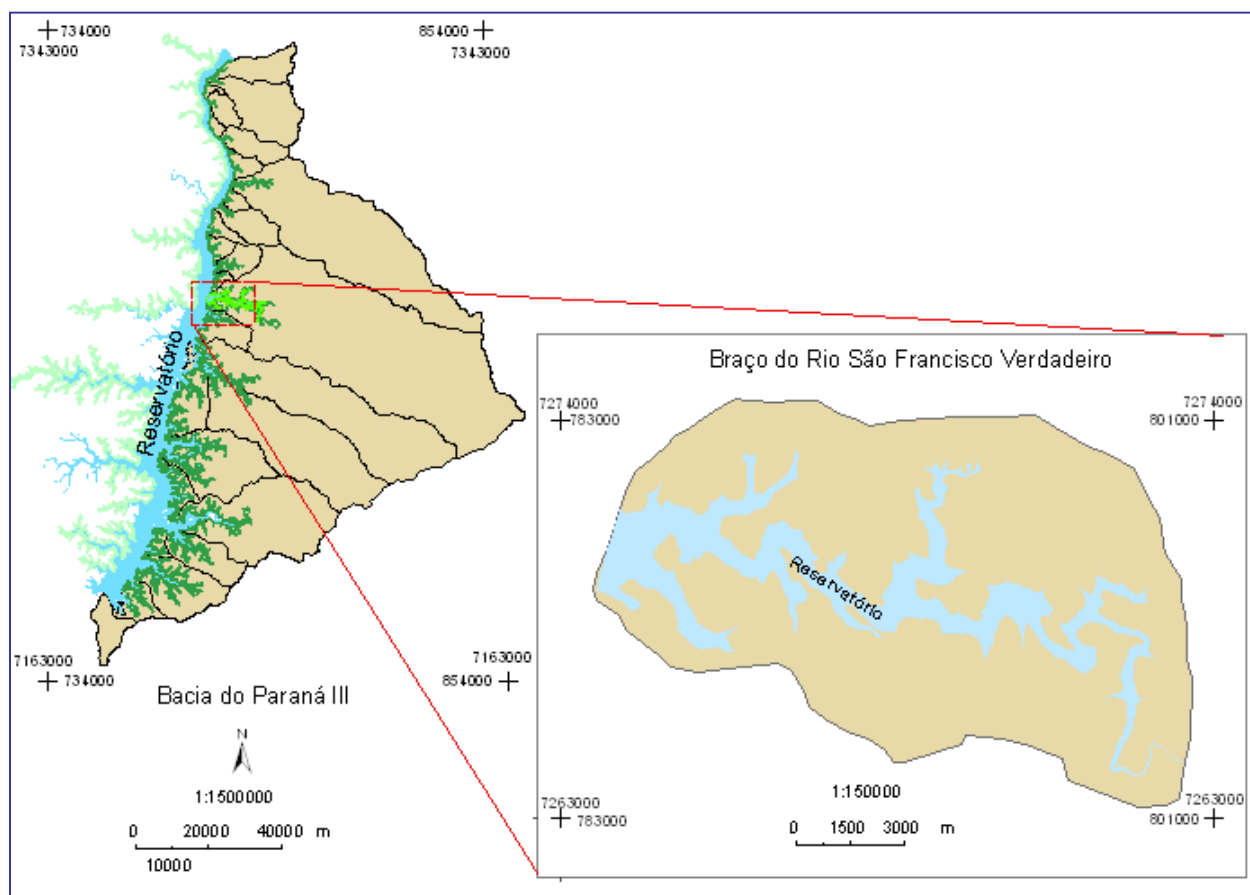


Figura 17 – Localização da área delimitada para estudo

A delimitação da área escolhida foi feita no Software Arcview 8.3, onde primeiramente foi criado um arquivo *shapefile* no módulo ArcCatalog escolhendo o mesmo sistema de coordenadas que o da imagem de satélite. Após o arquivo *shapefile* criado, este foi aberto no módulo ArcMap no qual foi possível fazer a edição do arquivo vetorizando uma área e tendo como base a imagem de satélite.

O procedimento seguinte seria limitar todas as informações, existentes e criadas, dentro desta mesma área, mas constatou-se que os dados vetoriais da Base da COPEL, que compunham a área, estavam em dois arquivos que tiveram de ser unidos (tabela 03). Estes arquivos correspondem à hidrografia

Tabela 03 – Arquivos da Base Cartográfica da COPEL (1996) cedidos pela Itaipu Binacional

Carta da COPEL	Hidrografia
281610	281610rh
281620	281620rh

O primeiro passo foi transformar os arquivos de *dxf* para *shapefile* dentro do Arcview 8.3. A união foi feita neste mesmo software que possui uma ferramenta chamada GeoProcessing Wizard (figura 18), que consiste em processar dados vetoriais com o mesmo sistema de coordenadas. Para a união foi utilizada a operação *merge layers together*. Assim, pode-se fazer a limitação do arquivo gerado utilizando a mesma ferramenta, mas com a operação *clip one layer based on another* (figura 19). Os arquivos limitados foram então os da COPEL referentes à hidrografia (figura 20) e os arquivos da vetorização da classificação (figura 21) descrito no item 4.2.4.

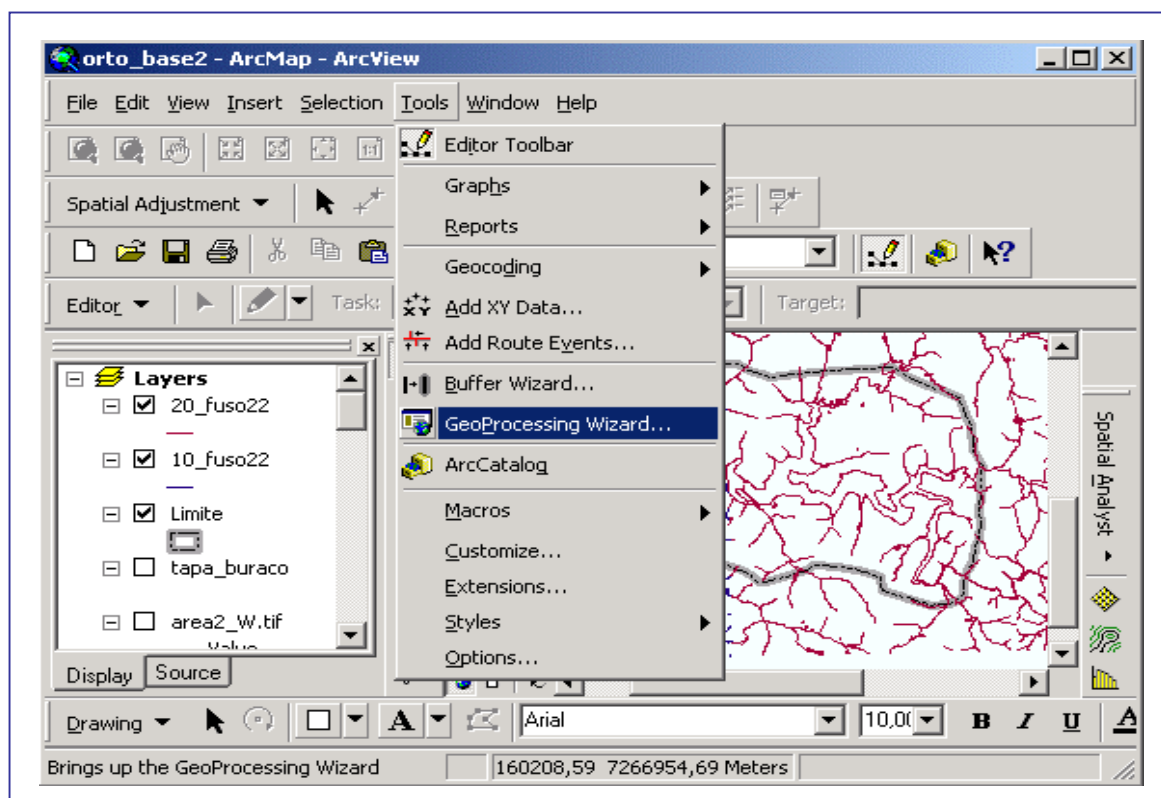


Figura 18 – Geoprocessing Wizard

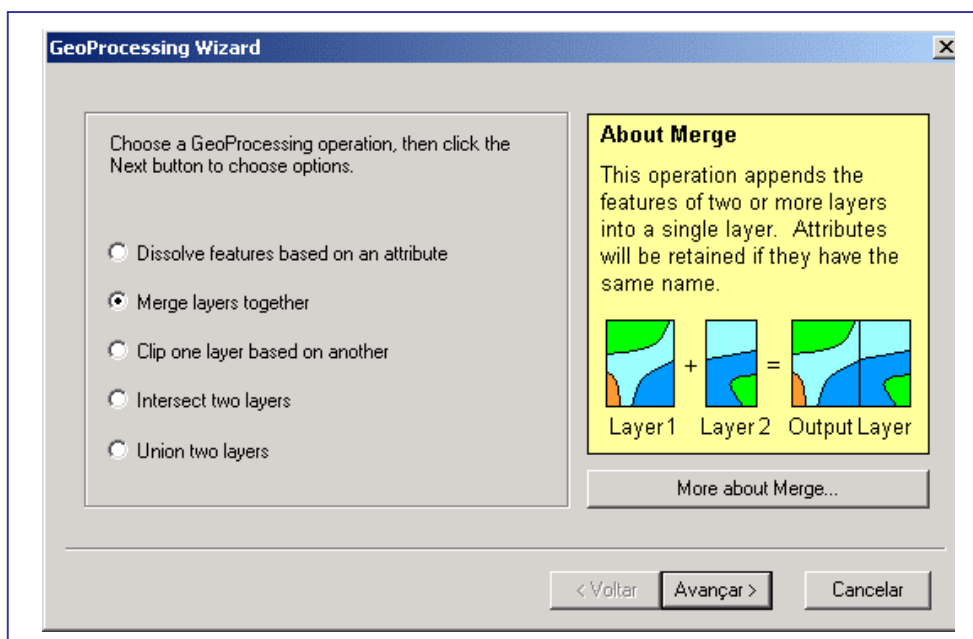


Figura 19 – Operações para processamentos de dados vetoriais

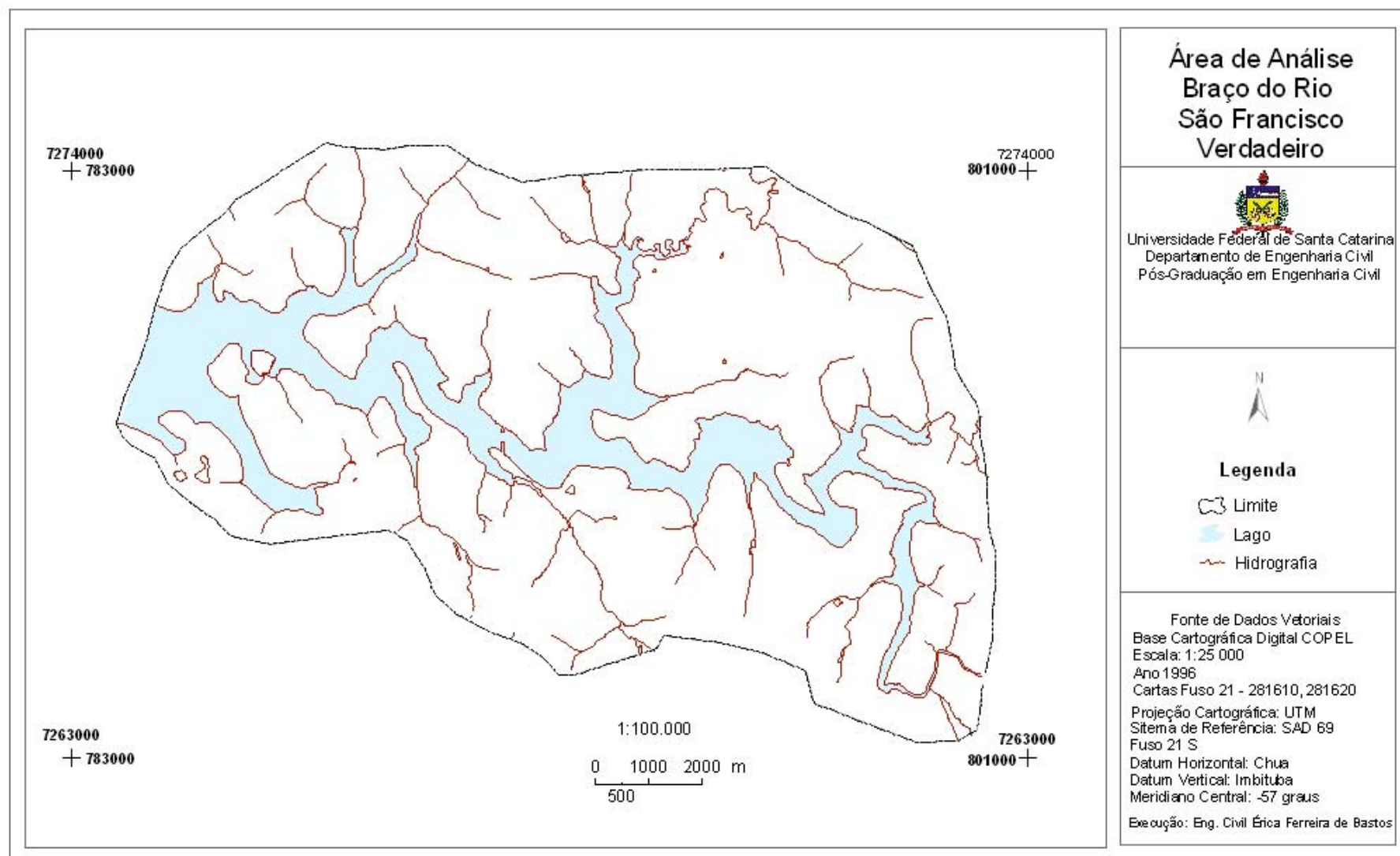


Figura 20 - Hidrografia limitada dentro da área de Estudo

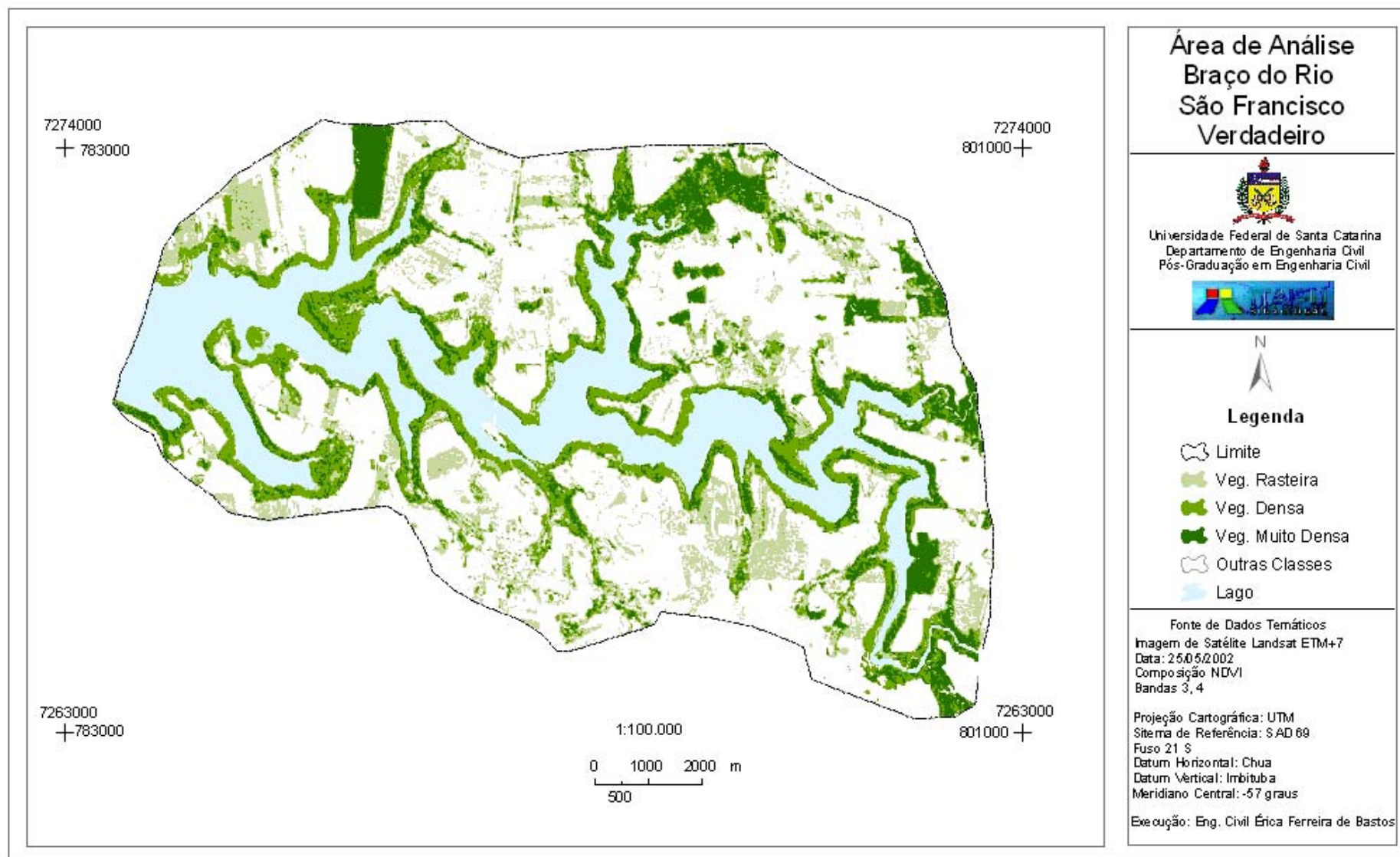


Figura 21 - Vegetação limitada dentro da área de Estudo

Na imagem de satélite e nas ortofotos, por serem dados *raster*, não foi possível aplicar o mesmo procedimento, porque como dito anteriormente essa ferramenta só processa dados vetoriais, logo, optou-se por cortá-las no ENVI 4.0.

O arquivo *shapefile* do limite da área e a imagem de satélite foram abertos no ENVI 4.0. O arquivo da área foi transformado para ROI (region of interest) para que se pudesse usar a ferramenta *Subset Data via ROIs* localizada na opção *Basic Tools* da barra de ferramenta e então proceder o corte (figura 22). As ortofotos que compõem a área de estudo da Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro (figura 23), foram cortadas uma por uma com o mesmo procedimento, mas para a composição do mosaico destas foi necessário abri-las novamente no Arcview e assim compô-lo (figura 24).

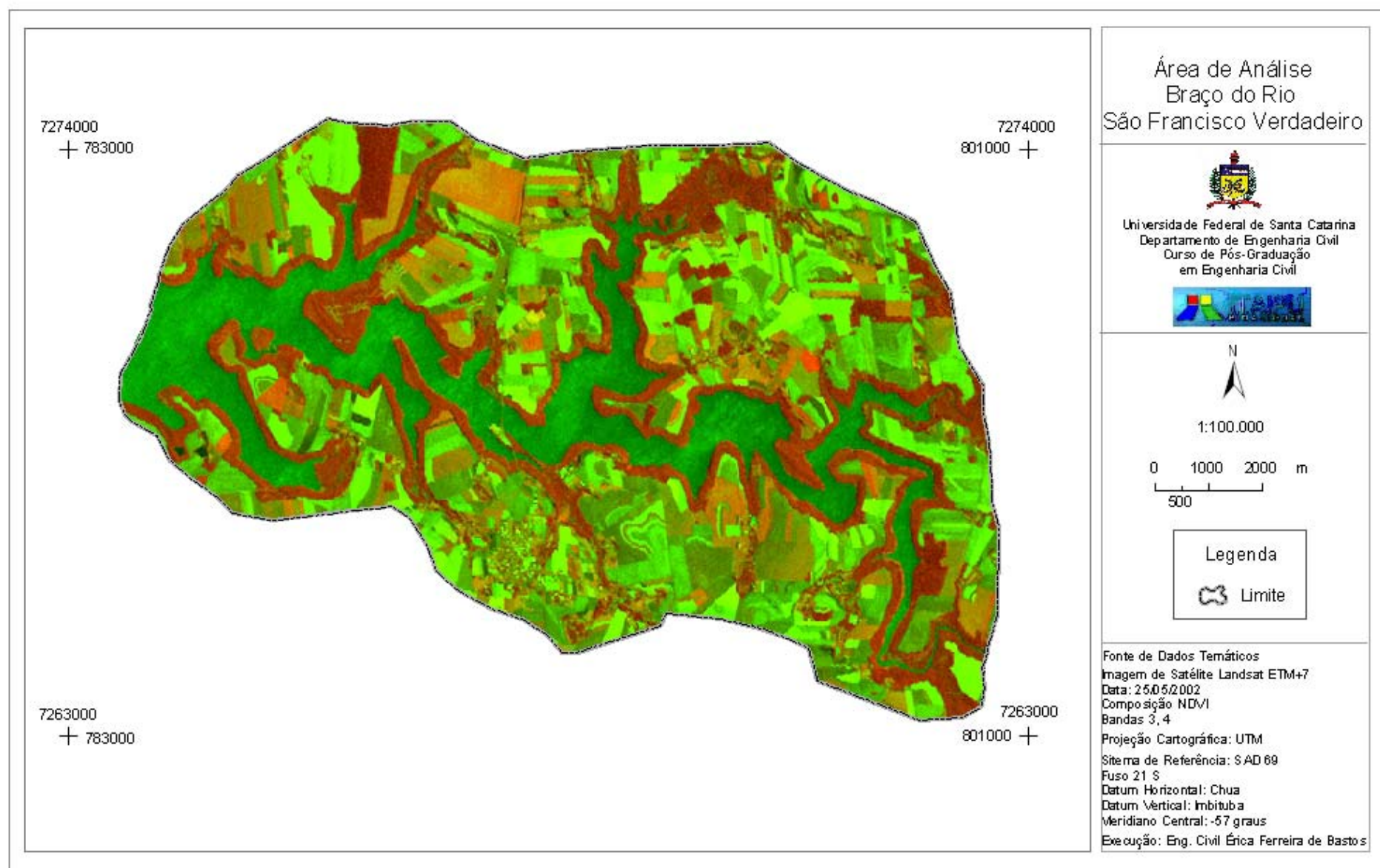


Figura 22 - Mapa Imagem - Área de Análise da Bacia do Rio São Francisco Verdadeiro

Figura 23 – Mosaico das Ortofotos da Área de Estudo

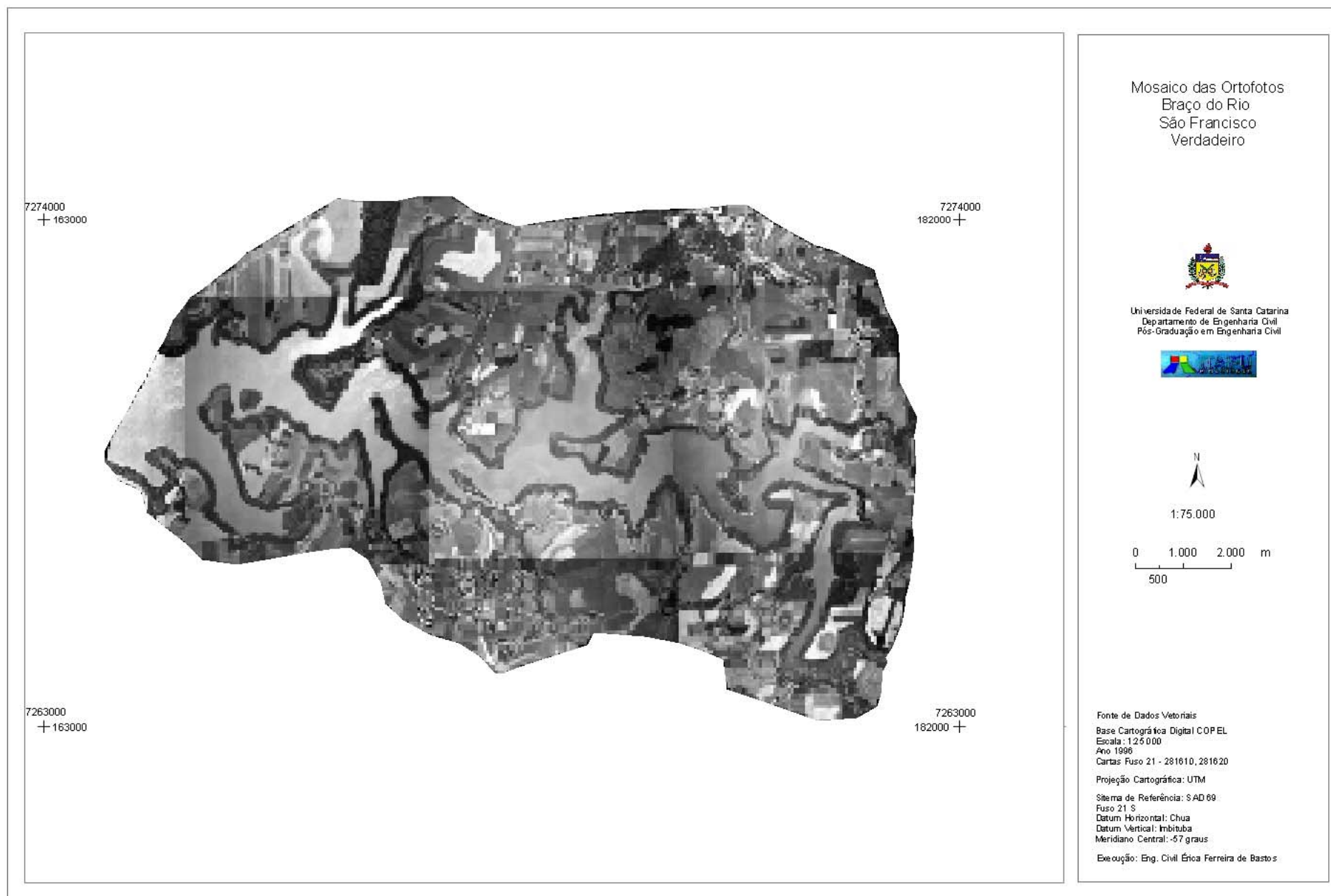


Figura 23 - Mosaico das Ortofotos da Área de Estudo

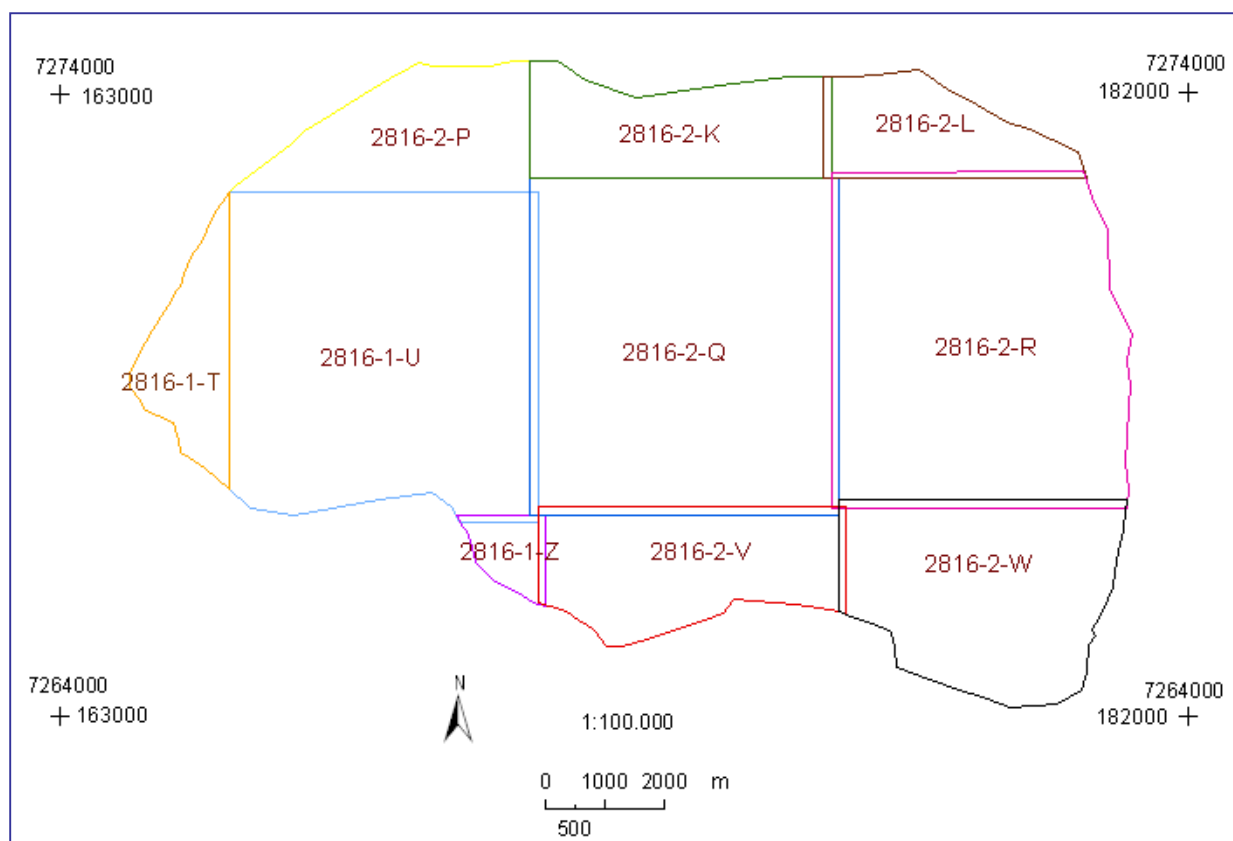


Figura 24 – Ortofotos que compõem a Área de Estudo

4.2.5.2 Vetorização da Faixa de Mata Ciliar

Ainda no software Arcview 8.3, a partir da base cartográfica da COPEL, com a rede hidrográfica, foi vetorizado o contorno do lago. Após definido, foi possível delimitar a faixa de preservação permanente segundo determina a lei nº 4771/65 – O Código Florestal Brasileiro. O lago, nessa área, possui largura variada, ficando entre 200 a 600 metros. Com essa largura fica estabelecido que é área de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será de 200 (duzentos) metros (figura 25).

Para que pudesse ser analisado o parâmetro largura gerou-se um polígono que abrangesse toda a mata pertencente à zona ripária do lago (figura 26), para depois confrontar com o polígono da mata estabelecida legalmente.

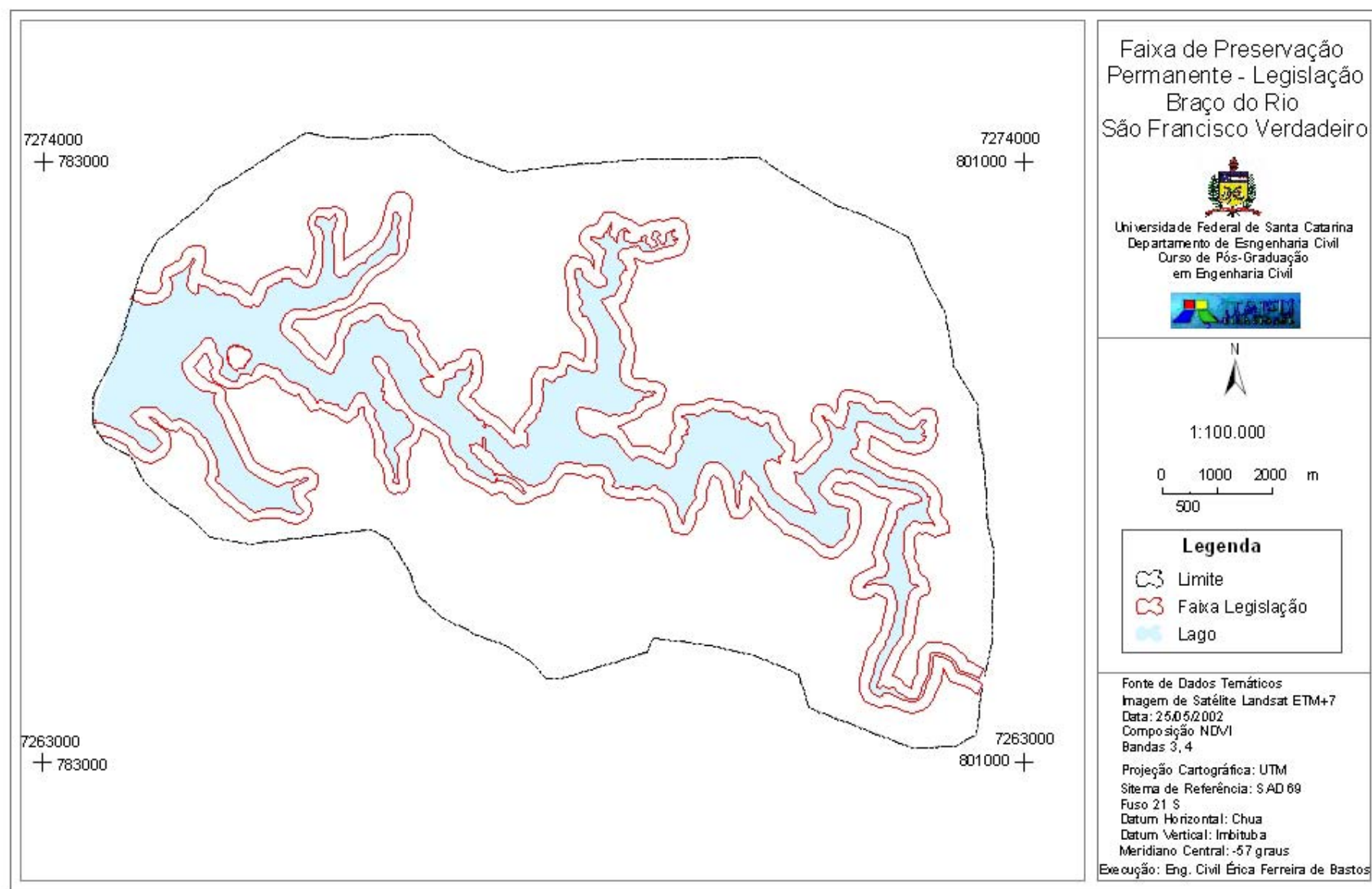


Figura 25 - Mapa da Faixa de Preservação Permanente determinada pela legislação

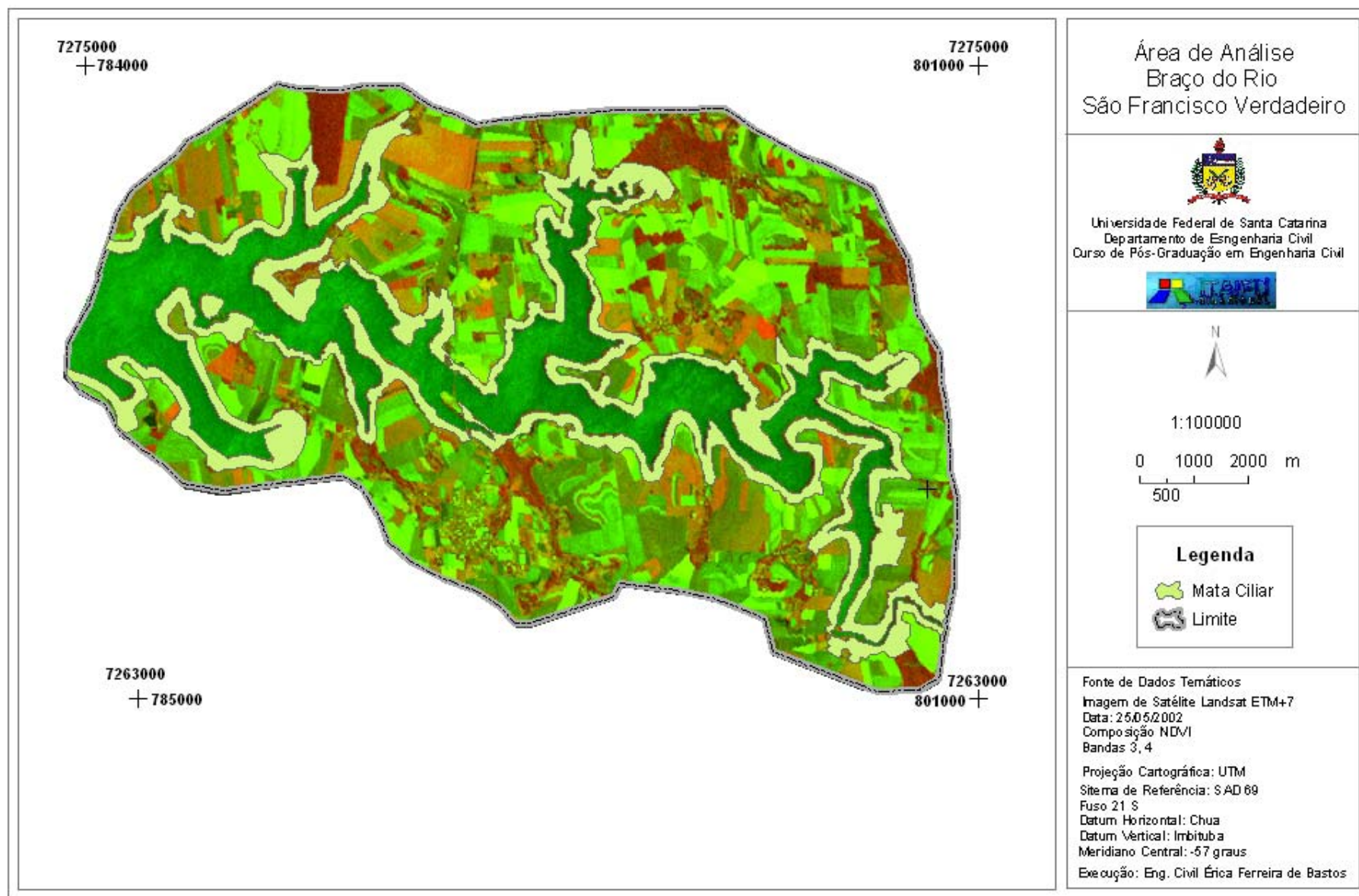
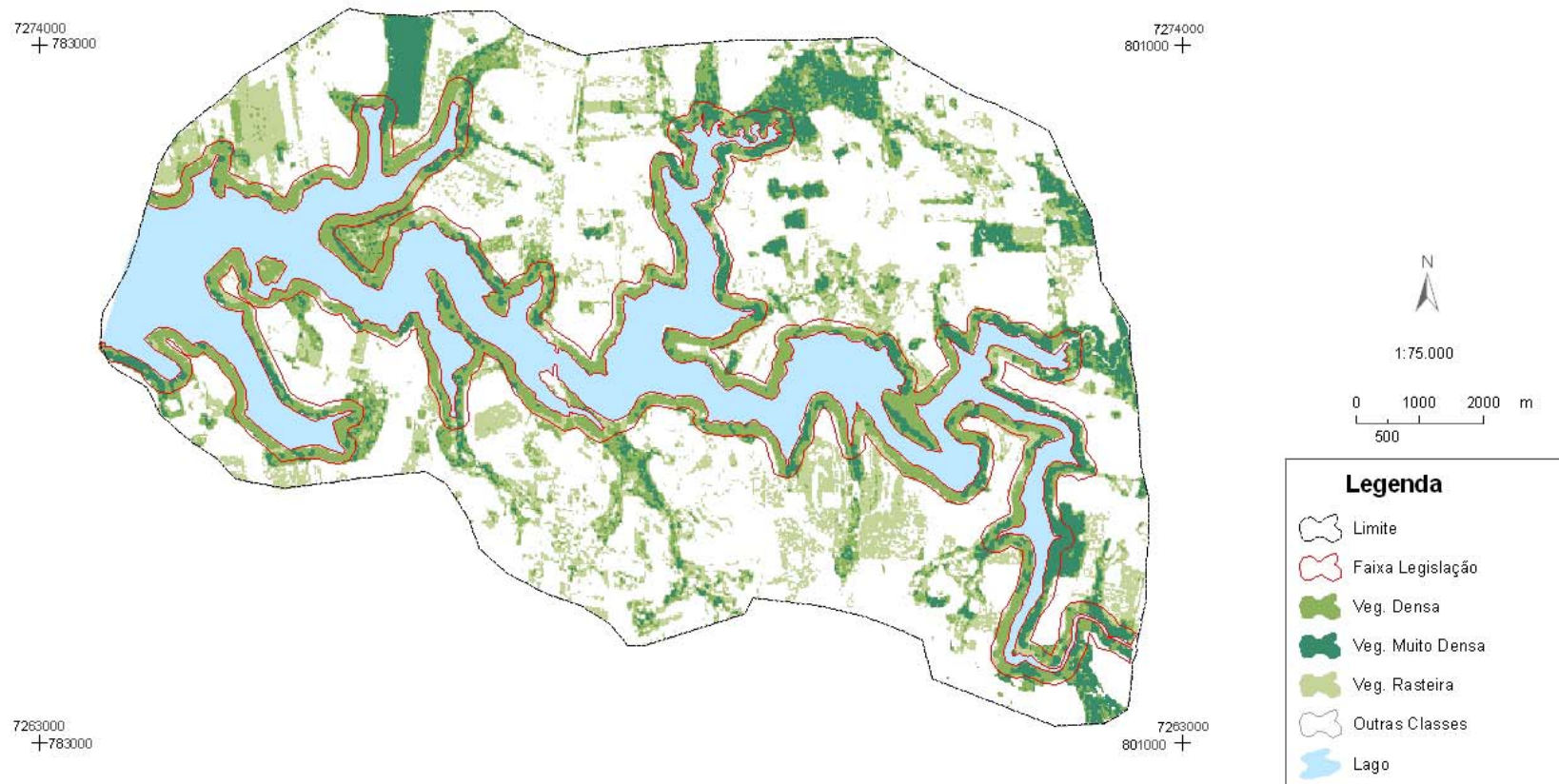


Figura 26 - Faixa de Preservação Permanente - 2002

Com o intuito de analisar também a classificação da vegetação dentro da faixa de proteção, criada anteriormente, de acordo com a legislação pertinente, utilizou-se mais uma vez a ferramenta do Arcview 8.3 *GeoProcessing Wizard* e a opção *clip one layer based on another*, que permitiu limitar cada uma das classes gerada dentro dessa faixa, obtendo-se como resultado o que mostra a figura 27. O que foi limitado foram os vetores e não o arquivo *raster* da classificação

Densidades - Faixa de Preservação Permanente



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Engenharia Civil
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Fonte de Dados Vetoriais: Base Cartográfica Digital COPEL
Escala: 1:25.000
Ano: 1996
Cartas Fuso 21 S - 281610, 281620

Fonte de Dados Temáticos
Imagem de Satélite Landsat ETM+7
Data: 25/05/2002
Composição NDVI
Bandas 3, 4

Projeção Cartográfica: Universal Transversa de Mercator
Sistema de Referência: SAD 69
Fuso 21 S
Datum Horizontal: Chua
Datum Vertical: Imbituba
Meridiano Central: -57 graus

Execução: Eng. Civil Érica Ferreira de Bastos

Figura 27 - Densidades dentro da Faixa de Preservação Permanente

4.2.6 ANÁLISE AMBIENTAL APLICADA

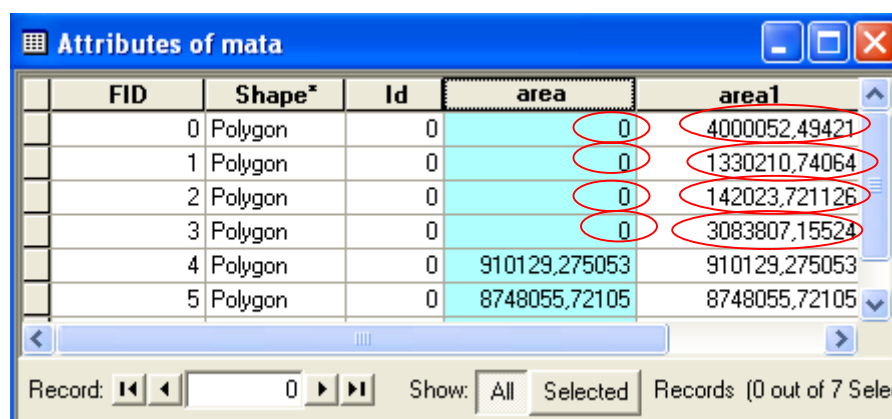
4.2.6.1 Cálculo de áreas

Como todas as informações organizadas e delimitadas passou-se para o procedimento do cálculo de áreas para o auxílio da análise dos parâmetros. Os cálculos realizados das áreas em torno do lago foram: área total coberta por mata ciliar (2002); área que deve existir de acordo com a Legislação Ambiental, área ocupada pela vegetação rasteira, área ocupada pela vegetação densa e área ocupada pela vegetação muito densa.

O Arcview 8.3 apresenta uma tabela de atributos dos arquivos *shapefile* (figura 28). Essa tabela apresenta informações tais como, o tipo do *shape* (*point*, *polyline*, *polygon* ou *multipoint*), a quantidade de *shape* e a área de cada *shape*. Após verificações constatou-se que alguns cálculos realizados automaticamente pelo *software*, referentes a essas áreas, apresentavam discrepância, se comparados os cálculos de áreas com dimensões semelhantes. Logo, foi necessário refazer os cálculos de todas as áreas, ou seja, de cada polígono da vetorização.

A figura 28 mostra a tabela de atributos de um dos *shapefile* da pesquisa, onde a coluna “área” em destaque é a referente às áreas dos *shapes* calculados automaticamente pelo *software*. A coluna denominada “área 1” é referente aos novos resultados dos cálculos das áreas, efetuados pela fórmula a seguir:

```
Dim dblArea as double
Dim pArea as IArea
Set pArea = [shape]
dblArea = pArea.area
```



FID	Shape*	Id	area	area1
0	Polygon	0	0	4000052,49421
1	Polygon	0	0	1330210,74064
2	Polygon	0	0	142023,721126
3	Polygon	0	0	3083807,15524
4	Polygon	0	910129,275053	910129,275053
5	Polygon	0	8748055,72105	8748055,72105

Figura 28 – Tabela de Atributos do Polígono da Faixa de Proteção Existente / Cálculos com divergências

4.2.6.2 Análise de Áreas Degradadas

Em função de se encontrar a mata ciliar já mapeada pôde-se realizar a etapa de escolha das áreas mais problemáticas, com degradações ambientais, usando como critério os parâmetros já definidos anteriormente no item 4.2.2.

O primeiro passo foi identificar as áreas, na classificação da imagem de satélite, com as seguintes características: muito fragmentado quanto à vegetação, de densidade baixa e largura da faixa de proteção menor que o estipulado pela legislação. As mesmas áreas foram também identificadas no mosaico, montado com as ortofotos, que compõem a área delimitada, para que se averiguasse a situação encontrada no ano de 1996.

Tendo as áreas identificadas nas duas imagens, sendo estas de datas diferentes, tornou-se possível fazer a avaliação das áreas, averiguando se apresentam as mesmas características ou sofreram modificações durante os seis anos que decorreram da tomada de uma imagem a outra. Basicamente foram avaliadas com o intuito de verificar se a faixa de proteção foi recomposta por vegetação ou desmatada.

4.3 FLUXO DE TRABALHO

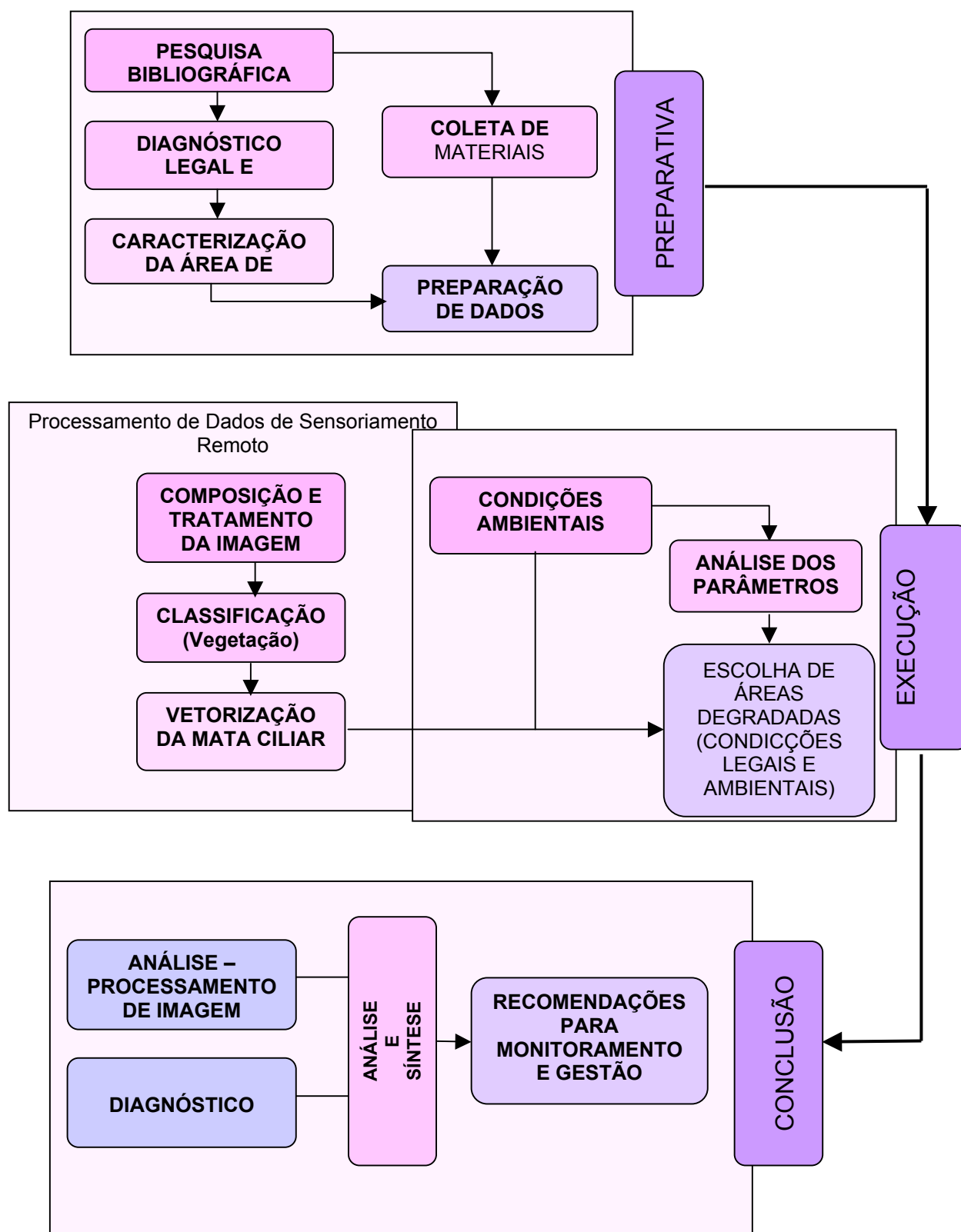


Figura 29 - Organograma

Capítulo 5

5 RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA – MÉTODO PARALELEPÍPEDO.

A Classificação pelo método do paralelepípedo se mostrou satisfatória no que diz respeito especificamente à classificação da mata ciliar. Da averiguação da resposta dada com a resposta espectral da composição da imagem, certificou-se que essa atingiu o propósito esperado (figura 30). Por outro lado, se fosse para ser feita a classificação de outras classes juntamente com a da vegetação, este método não seria satisfatório, pois algumas culturas em estágio avançado, na parte da agricultura, tiveram a mesma resposta que a vegetação classificada como rasteira, devido à resposta espectral dada pelo solo, como mostra a figura 31. Isso pôde ser constatado fazendo-se consulta a uma equipe da Itaipu Binacional responsável por informações da realidade em campo.

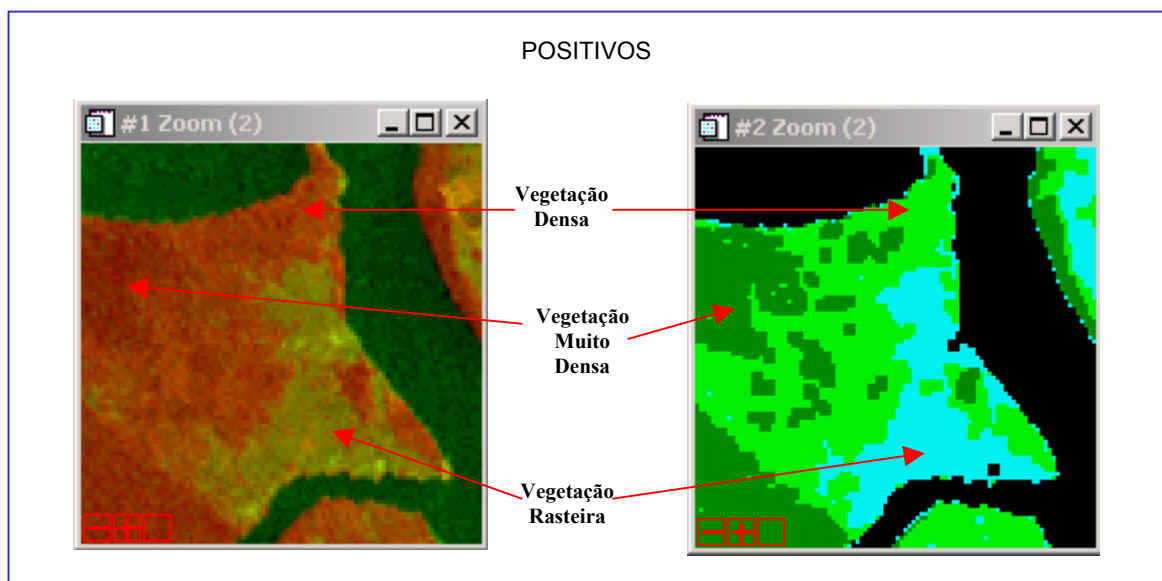


Figura 30 – Resultados positivos da classificação

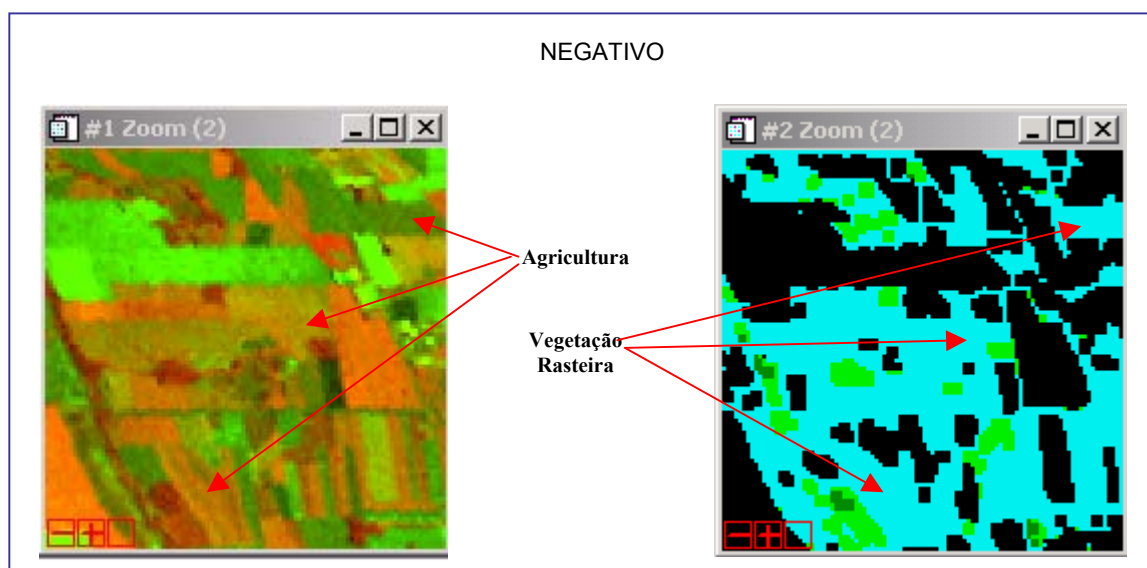


Figura 31 – Resultado negativo da classificação

A Classificação da vegetação foi analisada nesta etapa em âmbito geral com o propósito de identificação da situação, como um todo, da vegetação que ocupa o entorno do reservatório, analisando a sua densidade, fragmentação e largura (figura 32).

Figura 32 – Mapa Geral da Vegetação no Entorno do Reservatório de Itaipu

Mapa de Vegetação Reservatório da Hidrelétrica de Itaipu

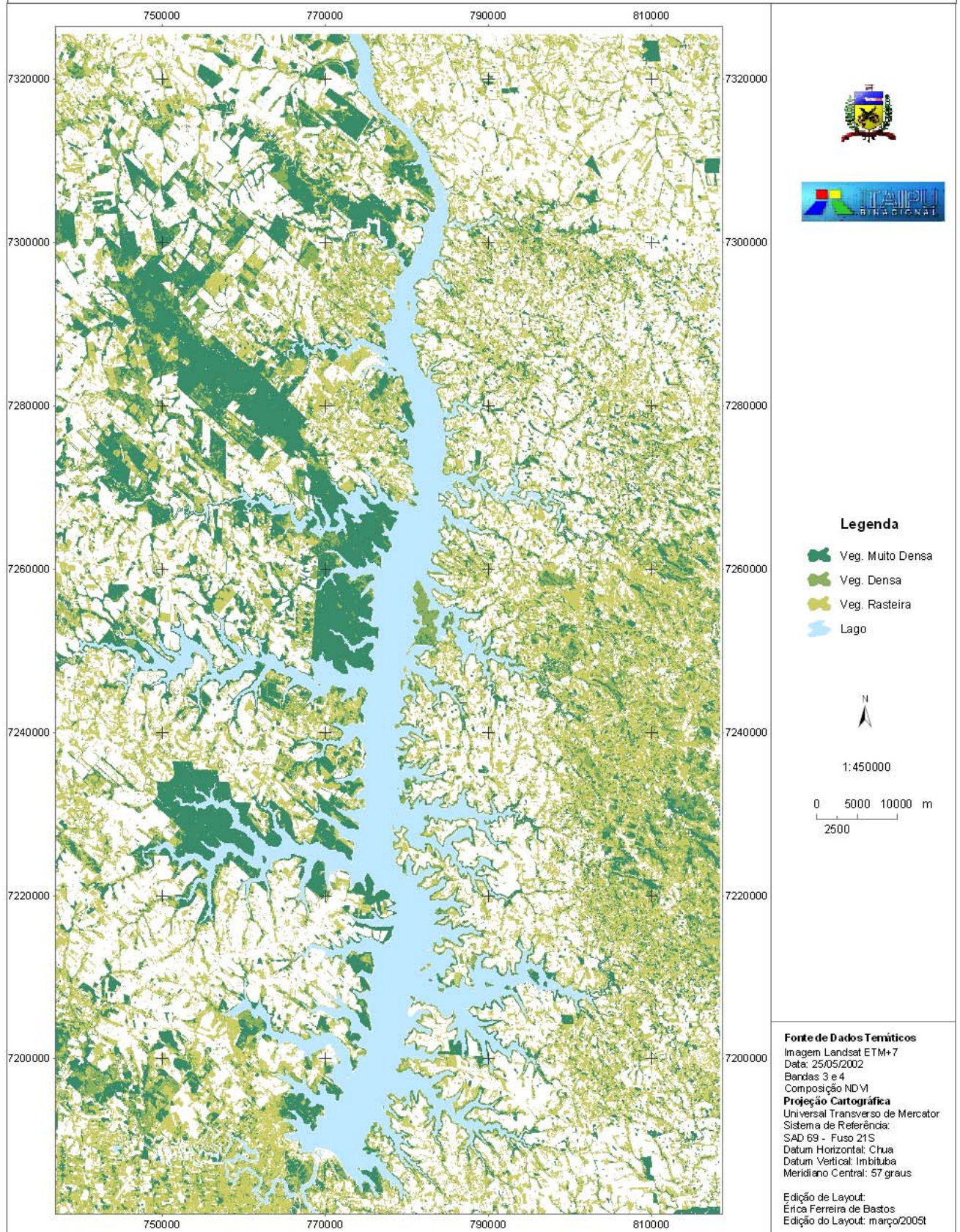


Figura 32 - Mapa Geral da Vegetação no entorno do Reservatório de Itaipu

Depois de gerada a análise da classificação da vegetação, constatou-se que a mata existente na faixa de proteção ou zona ripária, em torno do reservatório da Itaipu Binacional, apresenta-se, de forma geral, bem fragmentada, sendo alguns dos espaços entre os fragmentos, totalmente ausentes de vegetação, como mostram as figuras 33 e 34. A mata cedeu lugar a corredores largos, com dimensões além do que seria necessário para o abastecimento no desenvolver das atividades agropecuárias. Essas áreas foram de fácil identificação, pois como são áreas com interferência antrópica, apresentam-se com formas bem delineadas.



Figura 33 – Fragmentação da faixa de proteção (corredor com vegetação rasteira, entre áreas de vegetação densa) – Reservatório da Itaipu.



Figura 34 – Fragmentação da faixa de proteção (corredores largos desmatados) – Reservatório da Itaipu

Quanto à densidade da biomassa, é mais encontrada a vegetação classificada como densa. Seria, de forma geral, positivo se não fosse a fragmentação florestal que a mesma apresenta no decorrer das margens do reservatório. E ainda, em outros pontos, foi detectado que a faixa de proteção não existia ou era muito estreita, cedendo lugar, na maioria dos casos à pecuária (figura 35).



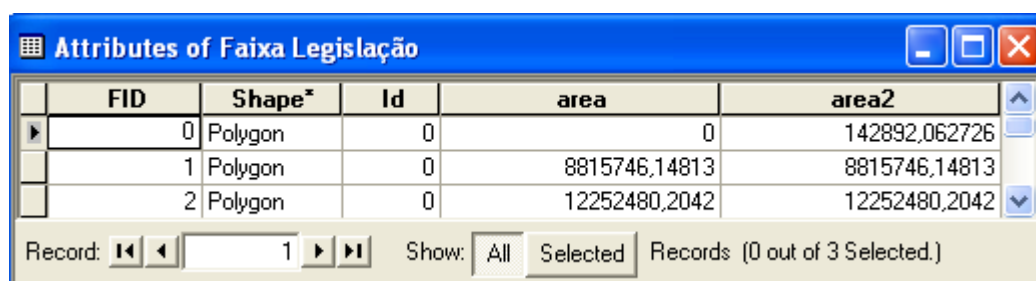
Figura 35 – Faixa de Proteção com estreita faixa de vegetação

5.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Para que se verificasse o cumprimento da Lei 4.771/65 – O Código Florestal Brasileiro, com relação à largura da faixa de vegetação ao longo dos cursos d'água, através dos cálculos das áreas efetuados no item 4.2.6.1 foi possível fazer a comparação entre as áreas com presença de vegetação no ano de 2002, e as áreas estabelecidas como de preservação permanente.

5.2.1 FAIXA DE PROTEÇÃO – LEGISLAÇÃO

A área foi considerada continua, na vetorização, ao longo do lago para que atendesse a legislação, como mostra a figura 25 no item 4.2.5.2. A área total compreendeu três polígonos: um da margem esquerda (inferior da figura), um da margem direita (superior da figura) e um da ilha na margem esquerda (inferior da figura). Com o *shape* da faixa de proteção conforme a Legislação, foram gerados resultados estatísticos da faixa através da tabela de atributos desse *shape* (figura 36 e 37).



FID	Shape*	Id	area	area2
0	Polygon	0	0	142892,062726
1	Polygon	0	8815746,14813	8815746,14813
2	Polygon	0	12252480,2042	12252480,2042

Figura 36 – Tabela de Atributos – Faixa de Proteção – Legislação

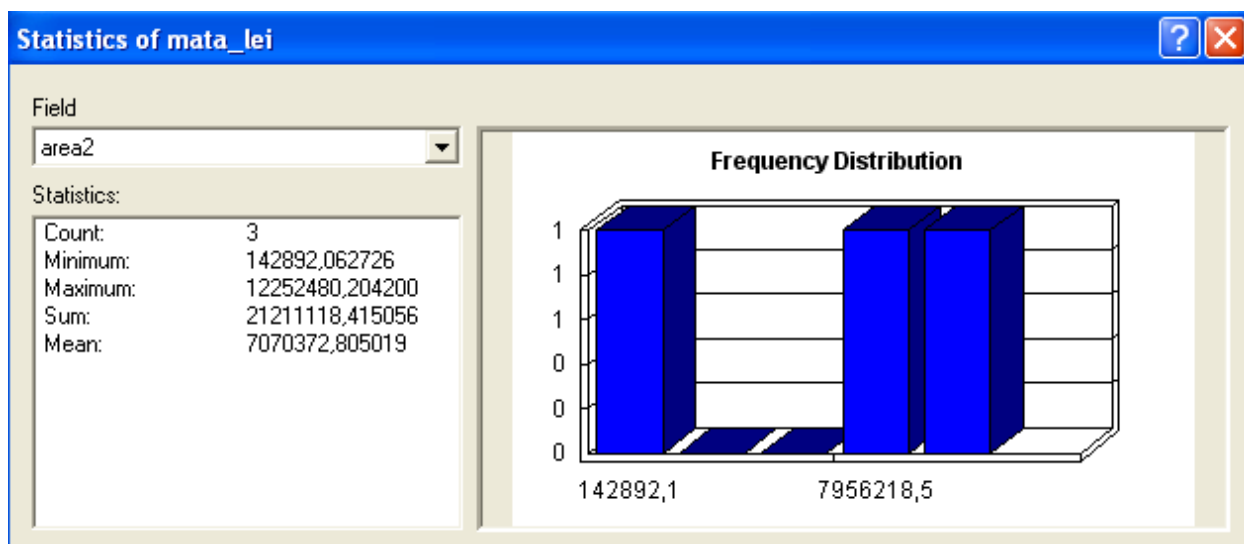


Figura 37 – Resultados Estatísticos

- Número – 3
- Valor Mínimo – 142.892,06 m²

- Valor Máximo – 12.252.480,20 m²
- Somatório – 21.211.118,42 m².
- Média – 7.070.372,80 m²

5.2.2 FAIXA DE PROTEÇÃO – 2002

A área de vegetação na faixa de proteção no ano de 2002 mostrou-se descontínua, conforme pode ser visto na figura 26 no item 4.2.5.2. Através da vetorização da mesma pode-se perceber que havia vazios ao longo do lago, gerando assim sete polígonos: 3 na margem esquerda (inferior da figura), 3 na margem direita (superior da figura) e um da ilha na margem esquerda (inferior da figura). Foram gerados os resultados estatísticos também desse *shape*, para que pudessem ser confrontados com os resultados do *shape* da faixa de proteção – legislação. Os resultados são apresentados na tabela4.

Attributes of mata					
	FID	Shape*	Id	area	area1
▶	0	Polygon	0	0	4000052,49421
	1	Polygon	0	0	1330210,74064
	2	Polygon	0	0	142023,721126
	3	Polygon	0	0	3083807,15524
	4	Polygon	0	910129,275053	910129,275053
	5	Polygon	0	8748055,72105	8748055,72105
	6	Polygon	0	2609211,74673	2609211,74673
Record: 1 Show: All Selected Records (0 out of 7 Selected.)					

Figura 38 - Tabela de Atributos – Faixa de Proteção

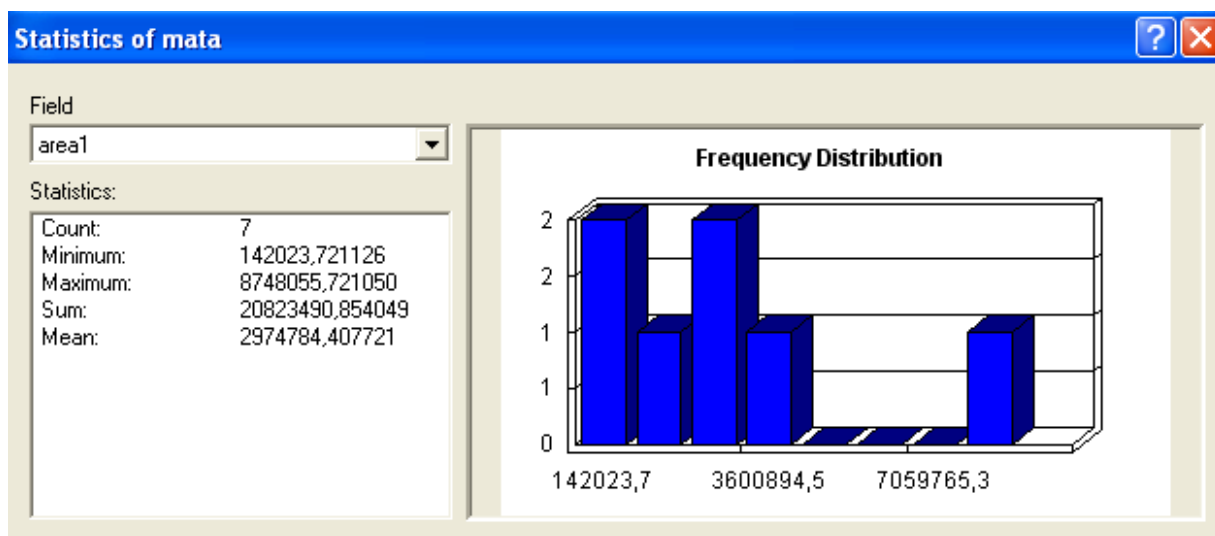


Figura 39 – Resultados Estatísticos – Faixa de Proteção – 2002

- Número – 7
- Valor Mínimo – 142.023,72 m²
- Valor Máximo – 8.748.055,72 m²
- Somatório – 20.823.490,85 m²
- Média – 2.974.784,41 m²

Tabela 04 – Porcentagem das áreas

Tipo-Área	m ² (aproximada)	%
Legislação	21211118,42	100
Existente	20823490,85	98,17

A área prevista, na legislação, para a faixa de preservação permanente, representou 100% e por sua vez, a da vegetação do ano de 2002 representou 98,17%. O resultado dessa comparação demonstrou um índice supressão na vegetação, baixo, 1,83%. Tal resultado foi decorrente do fato que na hora da vetorização foram consideradas algumas faixas de vegetação, estreitas, que se estendiam além dos 200m de largura, como mostra a figura 40. No entanto, essas áreas com largura superior a determinada pela legislação, não compensam a falta de vegetação em outros pontos da faixa de proteção.

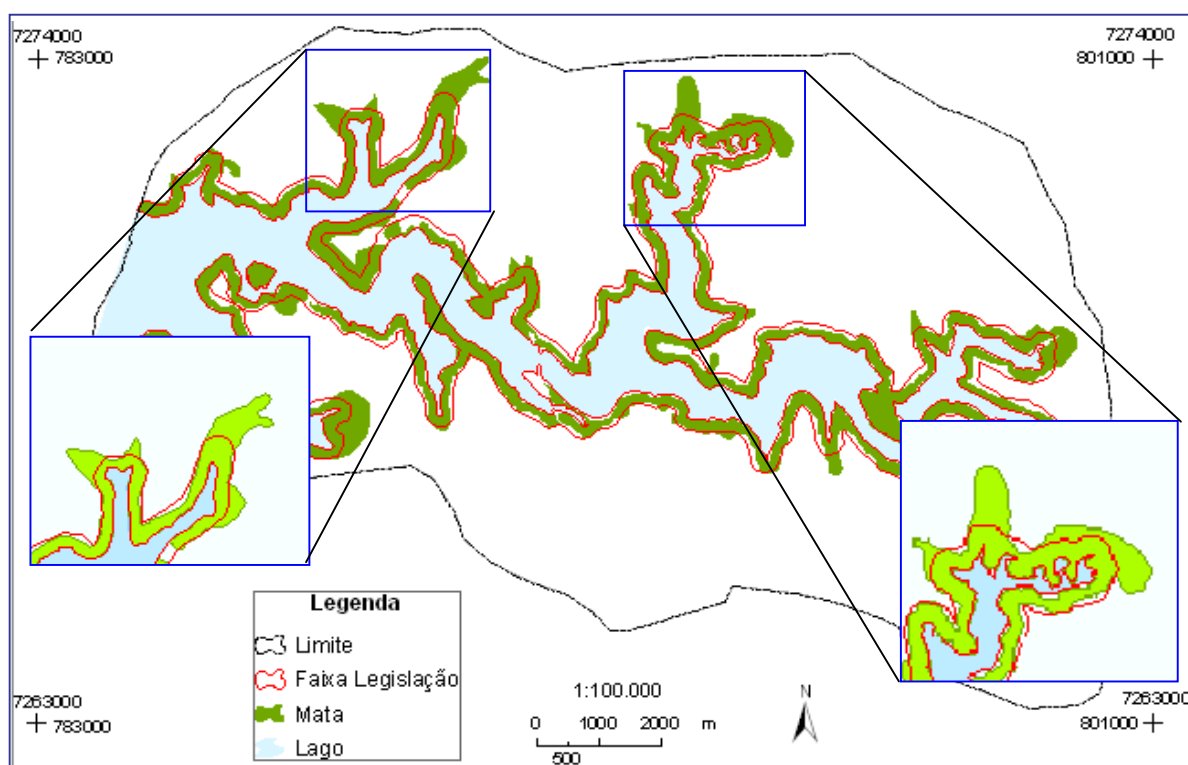


Figura 40 – Vegetação fora do limite estabelecido como faixa de proteção.

Portanto, outra comparação foi feita, objetivando um resultado mais coerente, considerando-se apenas a vegetação de estava compreendida dentro do limite dos 200 metros. Para a efetivação desta comparação, é importante também saber a porcentagem de cada classe de densidade, considerada nesta pesquisa, que compõe a faixa de proteção. Logo, foi gerada a estatística de cada uma das classes de densidade e posteriormente somadas, umas às outras, para a obtenção do resultado total da vegetação.

5.2.2.1 Vegetação Rasteira

A vegetação classificada como rasteira, apresenta-se muito fragmentada (figura 41). Seus resultados estatísticos (figura 42) mostram que é composta por 1219 polígonos, de áreas pequenas, com média baixa. Foram desconsiderados os polígonos de área pequena - aqueles que apresentavam até 3 pixels, por não se destacarem como os outros, medindo aproximadamente 1875,00 m².



Figura 41 - Mapa da Faixa de Preservação Permanente - Vegetação Rasteira

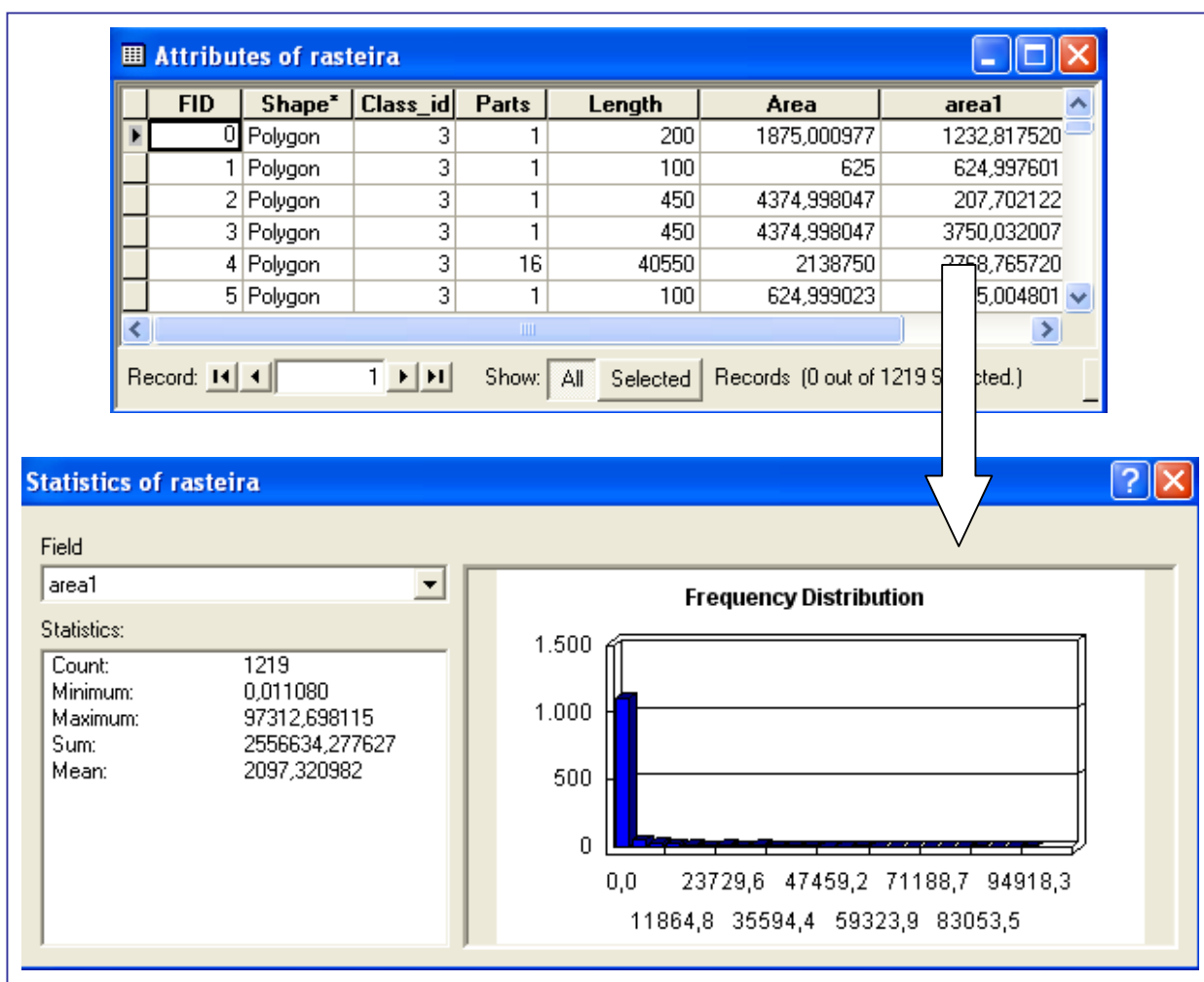


Figura 42 – Tabela de Atributos e Resultados Estatísticos – Vegetação Rasteira

- Número – 1219
- Valor Mínimo – 0,01m²
- Valor Máximo – 97.312, 70m²
- Somatório – 2.556.634, 28 m²
- Média – 2.097,32 m²

5.2.2.2 Vegetação Densa

Para esse tipo de classe, definida como Densa, a estatística mostrou que é uma vegetação menos fragmentada que a vegetação rasteira, com área total formada por 325 polígonos. O tamanho da sua área total realça o fato de ser preponderante em relação às vegetações rasteira e muito densa.

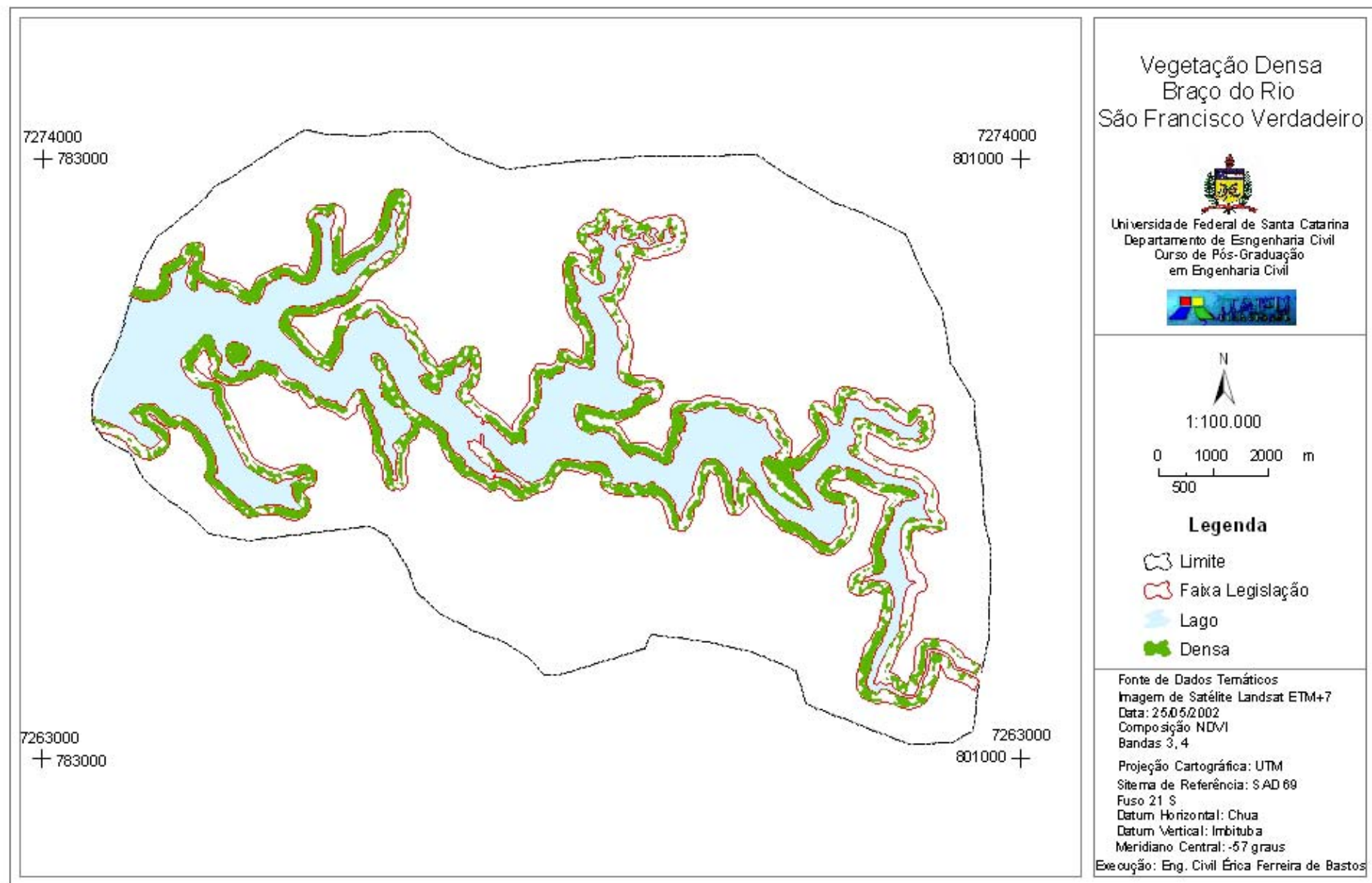


Figura 43 - Mapa da Faixa de Preservação Permanente - Vegetação Densa

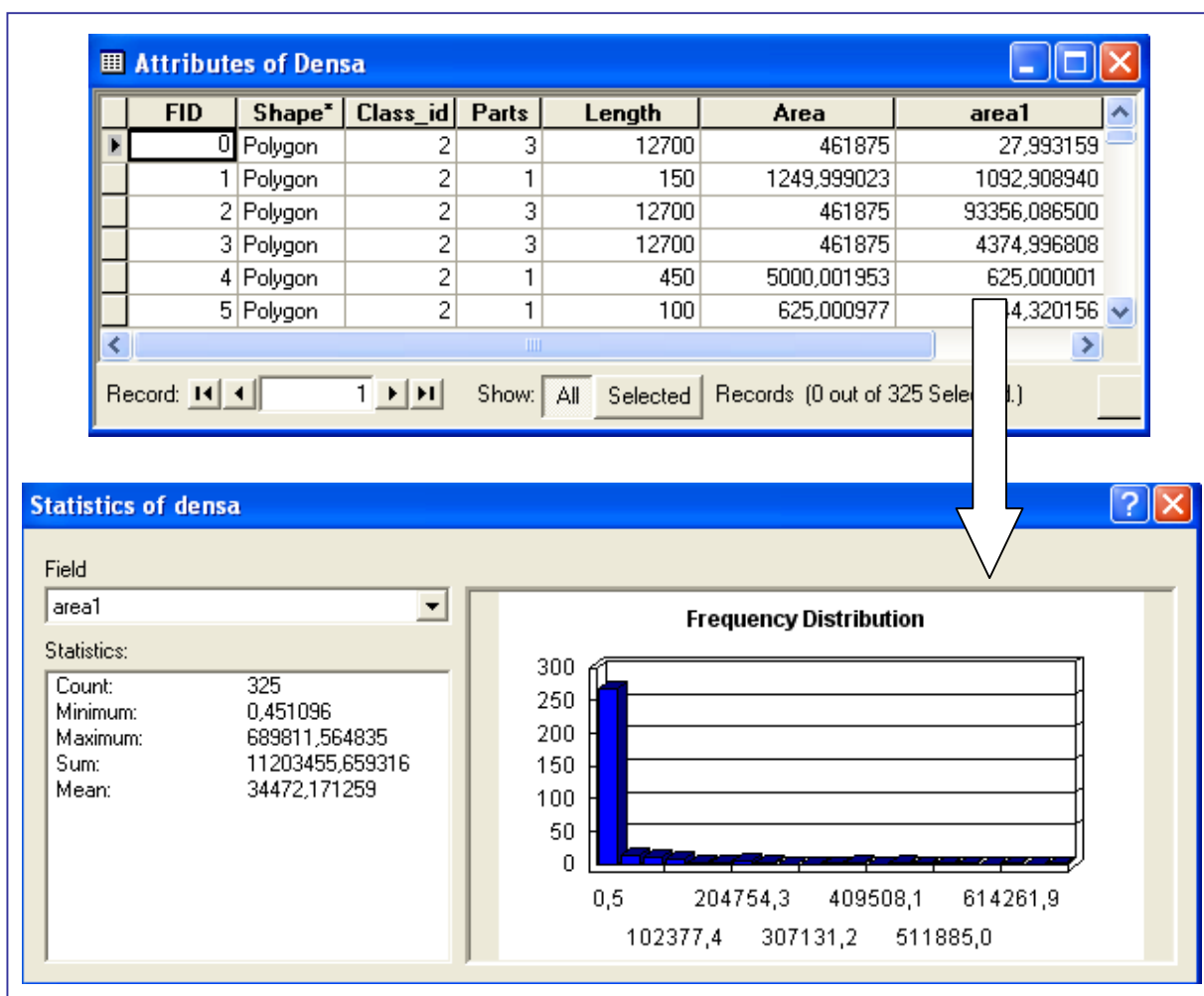


Figura 44 - Tabela de Atributos e Resultados Estatísticos – Vegetação Densa

- Número – 325
- Valor Mínimo – 0,45m²
- Valor Máximo – 689.811,56m²
- Somatório – 11.203.455,66 m²
- Média – 34.472,17 m²

5.2.2.3 Vegetação Muito Densa

A classe de vegetação muito densa mostrou-se fragmentada (figura 45), sendo composta por 343 polígonos os quais possuem áreas com média baixa (figura 46). O valor da sua área é intermediário entre as classes rasteira e densa.

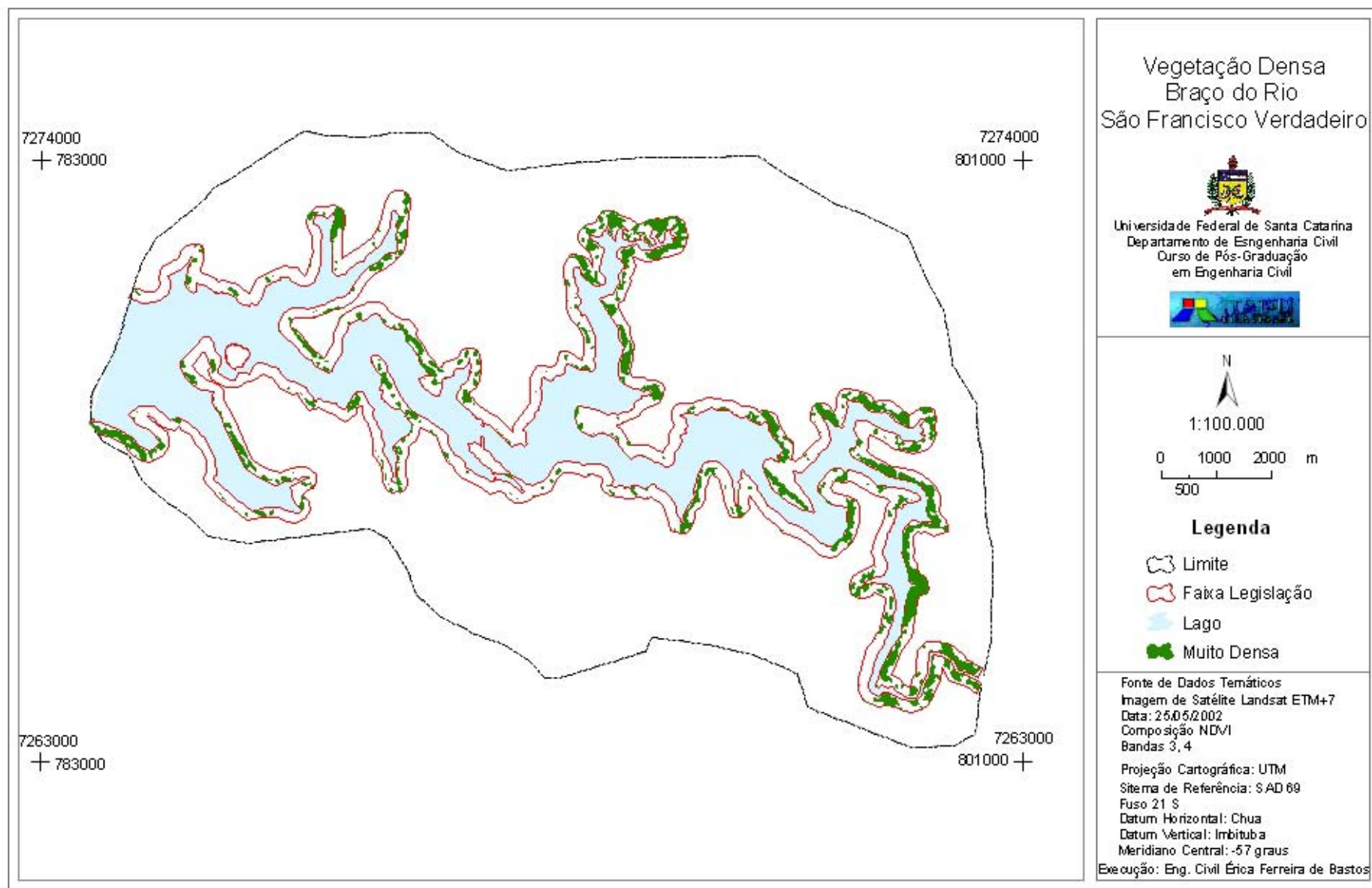


Figura 45 - Mapa da Faixa de Preservação Permanente - Vegetação Muito Densa

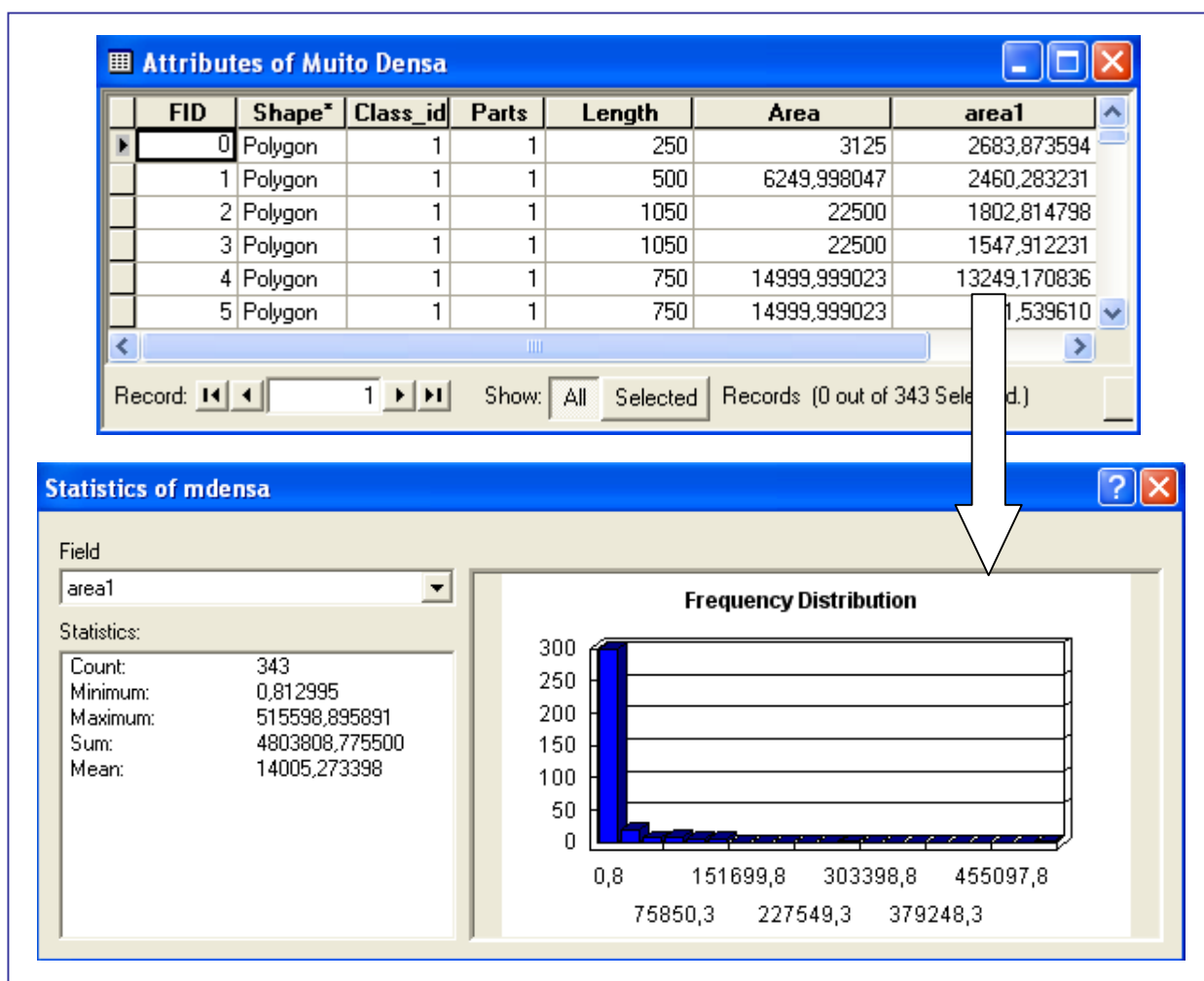


Figura 46 - Tabela de Atributos e Resultados Estatísticos – Vegetação Muito Densa

- Número – 343
- Valor Mínimo – 0,81m²
- Valor Máximo – 515.598, 90m²
- Somatório – 4.803.808, 78 m²
- Média – 14.005,27 m²

A partir dos cálculos das diferentes classes desta pesquisa foi possível obter o total de vegetação existente dentro da área destinada a faixa de preservação do reservatório, somando-se as áreas de cada classe. As tabelas 05 e 06 apresentam esse total bem como o percentual da vegetação existente com relação ao que deveria ser a realidade do local se estivesse de acordo com o que prevê a Lei n° 4771/65, o Código Florestal.

Tabela 05 – Porcentagem da área de vegetação existente (2002) na faixa de proteção permanente.

Áreas	m² (aproximada)	(%)
Legislação	21.211.118,42	100
Soma das áreas	18.563.898,72	87,52
Vegetação Rasteira	2.556.634,28	12,05
Vegetação Densa	11.203.455,66	52,82
Vegetação Muito Densa	4.803.808,78	22,65

Tabela 06 – Porcentagem por classe de vegetação com relação ao todo existente (2002).

Áreas	m²(aproximada)	(%)
Soma das áreas	18.563.898,72	100
Vegetação Rasteira	2.556.634,28	13,77
Vegetação Densa	11.203.455,66	60,35
Vegetação Muito Densa	4.803.808,78	25,88
Área sem vegetação	2.647.147,58 m ²	12,48%

Como se previa a porcentagem da área composta por vegetação, seja de qualquer classe, no ano de 2002, dentro da faixa de preservação permanente, prevista pela legislação, foi menor que a anteriormente calculada. Este fato se deu, pois foram desconsideradas as faixas que extrapolavam o limite dos 200 metros.

Com a obtenção do resultado de 87,52% de vegetação, constatou-se que 12,48%, da área, não possui vegetação, correspondendo a uma área de 2.647.147,58 m².

Por meio dos resultados estatísticos, gerados pelo software Arcview 8.3, das três classes de vegetação obtidas na classificação, pôde-se mostrar quão fragmentada apresentava-se a mata ciliar local. A frequência de fragmentos, de áreas pequenas, se mostrou alta no ano de 2002, apresentando uma descontinuidade na vegetação, que acaba por comprometer a eficácia da mata ciliar.

5.3 ANÁLISE DAS ÁREAS DEGRADADAS

As áreas definidas como degradadas foram escolhidas levando em consideração os três parâmetros escolhidos para o desenvolvimento da pesquisa: a densidade da biomassa, largura da faixa de proteção e fragmentação florestal. Esses foram os três parâmetros analisados nesta pesquisa para que posteriormente sirvam de subsídio para a efetivação de um monitoramento.

Foram selecionadas, a partir da classificação da imagem Landsat 7 ETM+ do ano de 2002, seis áreas consideradas como degradadas, para análise. Outras áreas também foram identificadas como tal, mas essas foram as que melhor representavam a problemática da degradação da mata ciliar no entrono do lago da Hidrelétrica de Itaipu. Assim pôde-se confrontar a situação dessa vegetação entre duas datas diferentes: na imagem de satélite do ano de 2002 e nas ortofotos do ano de 1996.

O mapa apresentado na figura 29 mostra todas as áreas selecionadas no ano de 2002. Cada uma delas será apresentada juntamente com a respectiva área na imagem de satélite e nas ortofotos para se possa realizar uma análise quanto a evolução ou regressão da mata ciliar.

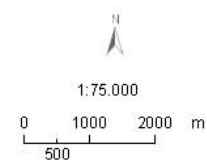
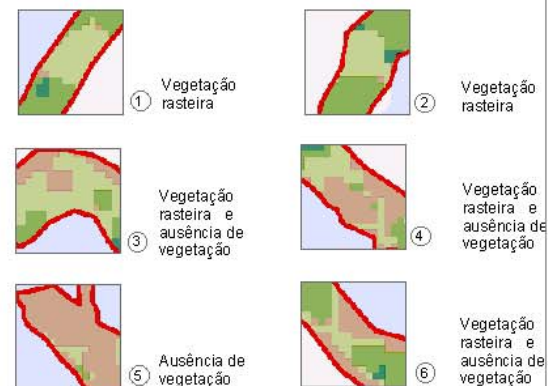
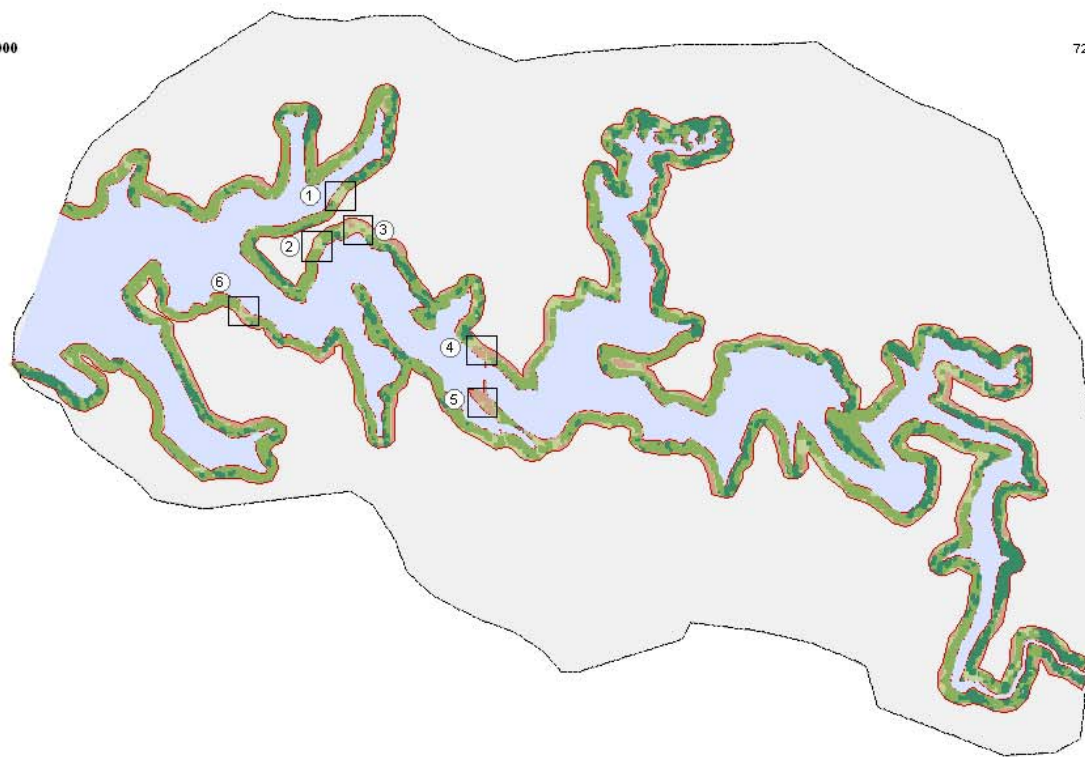
MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE ÁREAS COM MATA CILIAR DEGRADADA

783000
+ 7274000

801000
7274000 +

783000
+ 7263000

801000
7263000 +



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Engenharia Civil
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil



Fonte de Dados Vetoriais: Base Cartográfica Digital COPEL
Escala: 1:25.000
Ano: 1996
Cartas Fuso 21 S - 281610, 281620

Fonte de Dados Temáticos:
Imagem de Satélite Landsat ETM+7
Data: 25/05/2002
Classificação: Método Paralelepípedo
Bandas 3, 4, NDVI

Projeção Cartográfica: Universal Transversa de Mercator
Sistema de Referência: SAD 69
Fuso 21 S
Datum Horizontal: Chua
Datum Vertical: Imbituba
Meridiano Central: -57 graus

Execução: Eng. Civil Érica Ferreira de Bastos

Figura 47 - Mapa de localização de áreas com mata ciliar degradada

5.3.1 ÁREA DEGRADADA 1

A partir da classificação da imagem Landsat 7 e da averiguação na própria imagem do ano de 2002, pôde-se verificar que a Área (1) apresentava um predomínio de vegetação rasteira com grandes dimensões e com raras espécies de maior porte. Na imagem de satélite pode-se identificar a mancha esverdeada, com alguns tons alaranjados, que caracteriza solo exposto com presença de algumas espécies de vegetação baixa. A vegetação rasteira estava diretamente em contato com o curso d'água, tornando-se um local propício ao desprendimento de sedimentos, devido à velocidade da água que escoar e atinge as margens e não encontra um solo resistente.

A ortofoto apresenta também uma vegetação rasteira, com indícios que entre o ano de 1996 e 2002 suas características permaneceram basicamente inalteradas. Ainda pôde ser identificado na ortofoto, devido à escala maior, um corredor no canto esquerdo inferior da imagem com solo exposto de grande dimensão no que diz respeito a sua largura. Este atravessava toda a largura da faixa de proteção formando um canal de ligação entre a agricultura e o curso d'água.

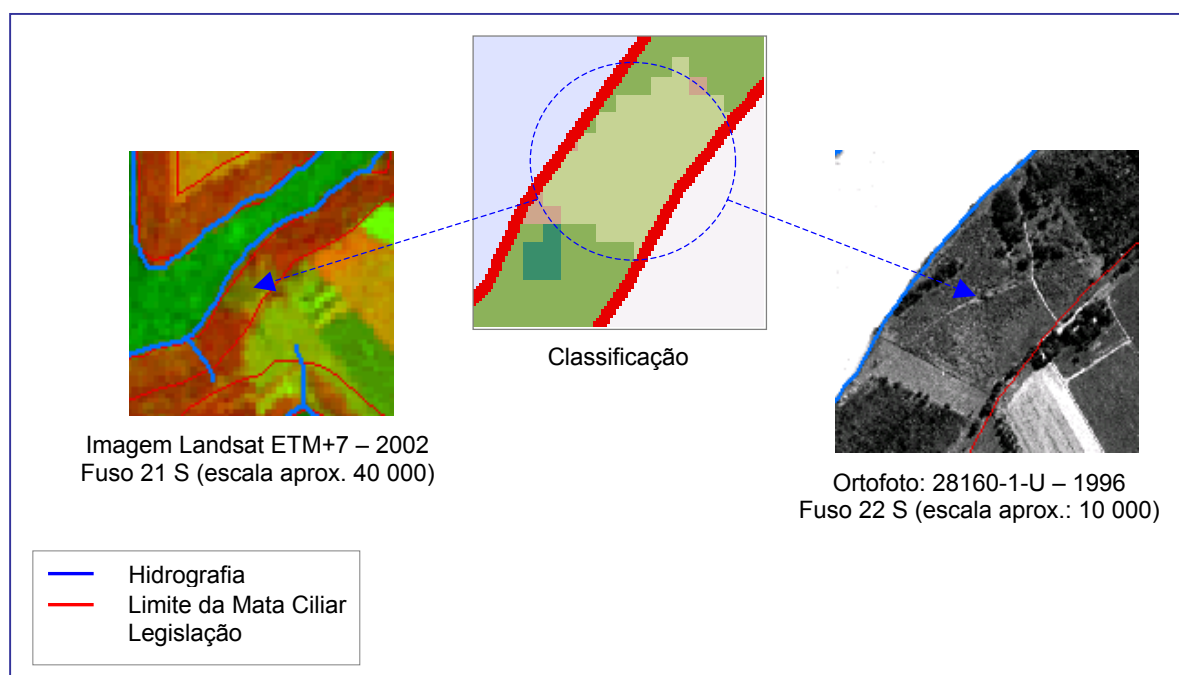


Figura 48 – Área Degradada 1

5.3.2 ÁREA DEGRADADA 2

Já a Área (2), no ano de 2002, apresentava uma vegetação rasteira de grandes dimensões, com raras espécies de vegetação de maior porte, em contato direto com o curso d'água. A presença de uma vegetação rasteira pode ser verificada observando a imagem de satélite que apresenta uma coloração esverdeada, que representa uma vegetação baixíssima podendo ser visualizada resposta espectral do solo, esverdeada. Seu entorno mostra a presença de vegetação densa, visualizada na cor vermelho claro.

Na ortofoto do ano de 1996, pôde ser constatado que permanecia as mesmas características, não havendo modificações no decorrer desses seis anos de diferença entre a tomada de uma imagem e outra.

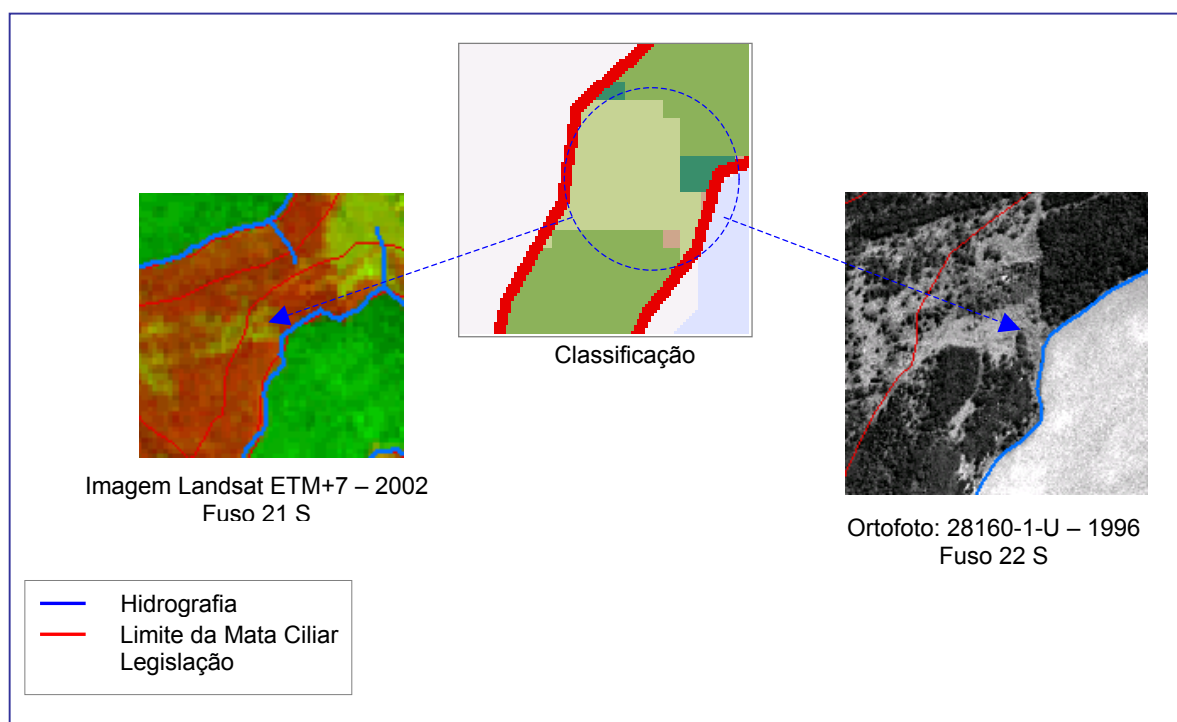


Figura 49 – Área Degradada 2

5.3.3 ÁREA DEGRADADA 3

No ano de 2002 encontrava-se na Área (3) vegetação rasteira em contato direto com um curso d'água e uma porção sem vegetação, na parte interna da faixa de proteção, ocupada por agricultura, demonstrando o não cumprimento da legislação.

Na imagem de satélite a vegetação rasteira pode ser identificada através da resposta espectral, mostrando uma coloração esverdeada com algumas manchas alaranjadas. Já o solo exposto pode ser identificado notando-se a coloração verde na parte interna da faixa de proteção. Do lado esquerdo da imagem uma faixa de vegetação densa, em contato com o curso d'água e do lado direito essa vegetação estava na parte interna da faixa, apresentando uma coloração vermelho-claro.

Na ortofoto as características apresentadas pela Área (3) eram as mesmas, não havendo modificações notórias até o ano de 2002.

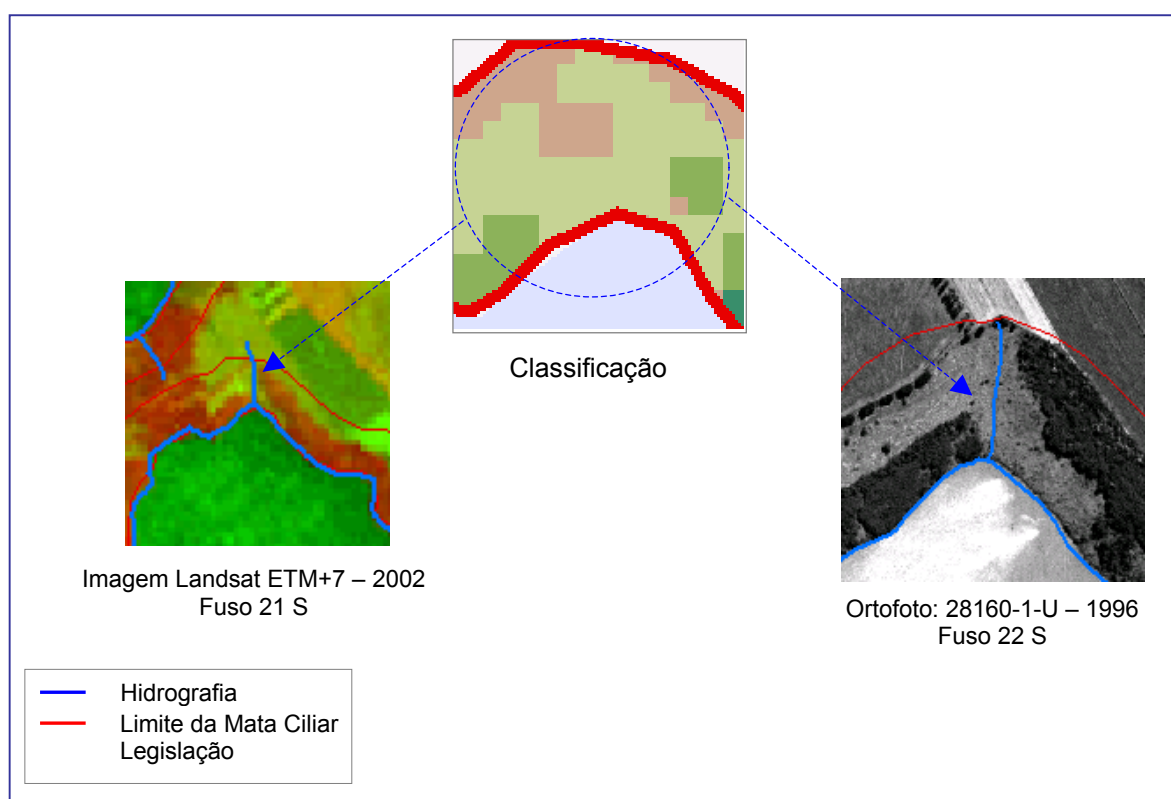


Figura 50 – Área Degradada 3

5.3.4 ÁREA DEGRADADA 4

Na classificação da imagem de satélite observou-se que grande parte da Área (4) estava sem vegetação, onde a cor apresenta tonalidade verde, em contato direto com o curso d'água, possuindo pequenos fragmentos de vegetação rasteira, identificada com uma tonalidade de verde mais escuro e algumas manchas vermelhas. Comparada ao ano de 1996, a situação continuou aparentemente igual e devido à escala, pôde-se identificar quatro faixas de ocupação distintas, sendo elas, da parte interna da mata ciliar em direção ao curso d'água: (a) faixa sem vegetação; (b) faixa com vegetação densa; (c) faixa de solo exposto e (d) faixa sem vegetação com pequena presença de vegetação rasteira.

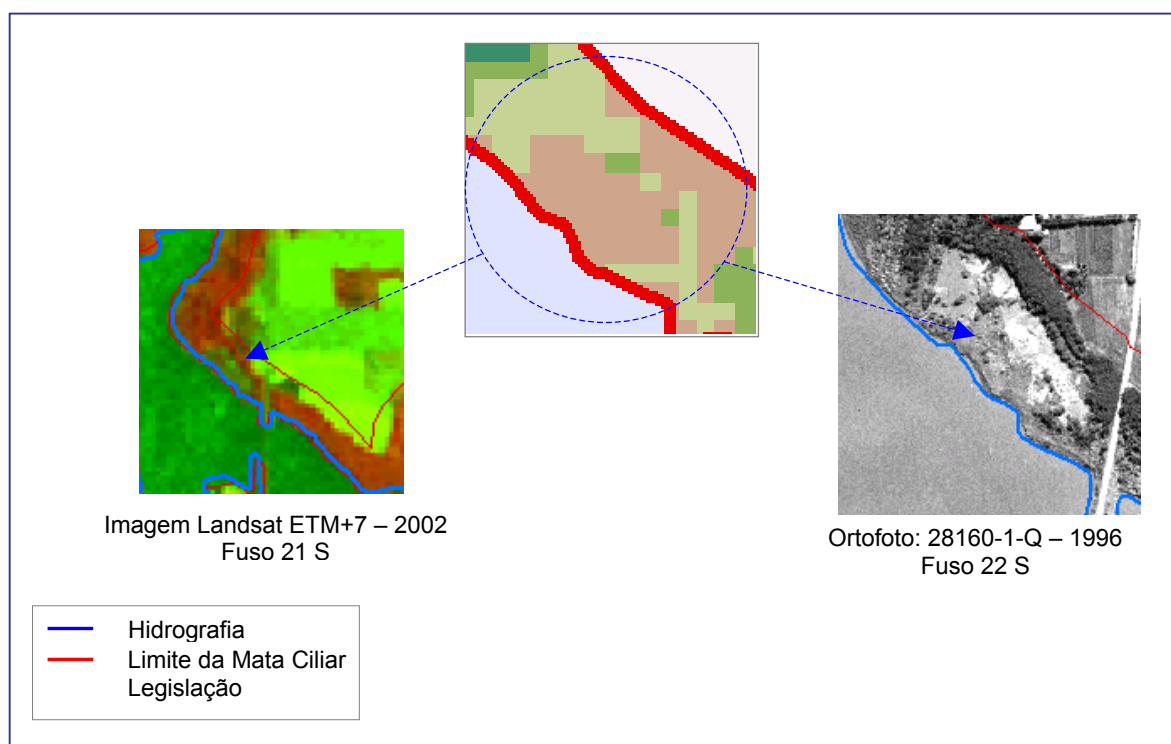


Figura 51 – Área Degradada 4

5.3.5 ÁREA DEGRADADA 5

A Área (5), no ano de 2002, dentre as seis selecionadas, foi a que apresentou pior situação. Esta área no ano de 1996 apresenta muitos fragmentos de vegetação densa em meio a algumas ocupações urbanas e ao sistema viário. A vegetação densa na ortofoto é identificada com uma tonalidade cinza-escuro; a vegetação rasteira numa tonalidade de cinza mais claro e as ocupações urbanas e o sistema viário apresentam uma tonalidade branca.

Já no ano de 2002 a imagem de satélite evidencia um grande desmatamento da área, resultando em solo exposto, em sua maior parte com alguns fragmentos de vegetação nas margens. A Vegetação rasteira é identificada com uma tonalidade de verde com algumas manchas avermelhadas e alaranjadas dentro da faixa de proteção, já o solo exposto apresenta uma tonalidade verde claro.

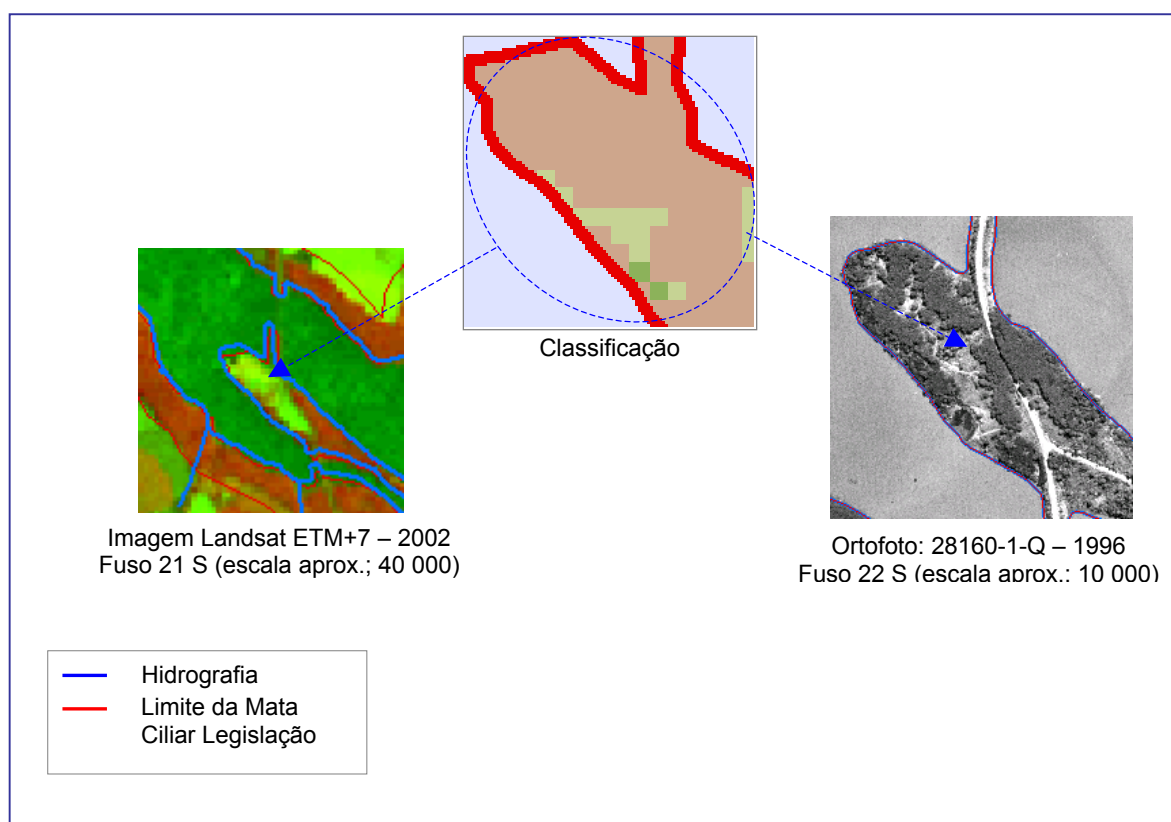


Figura 52 – Área Degradada 5

5.3.6 ÁREA DEGRADADA 6

Na classificação da imagem de satélite do ano de 2002, a Área (6) era composta por uma parte sem vegetação, apresentando uma tonalidade verde claro, em contato direto com o curso d'água, e outra com vegetação rasteira com tonalidade alaranjada. A parte interna da faixa de proteção é ocupada por cultivos agrícolas que apresenta uma tonalidade de verde claro com algumas manchas, verde um pouco mais escuro. No ano de 1996 pôde-se verificar que uma faixa de vegetação densa, com tonalidade cinza escuro, estando fragmentada com algumas outras ocupações apresentando tonalidade branca, seguida de uma área destinada a agricultura que por sua vez apresenta tonalidade cinza bem claro. A largura da faixa, como no ano de 2002, apresentava-se com dimensões menores que a determinada pela legislação.

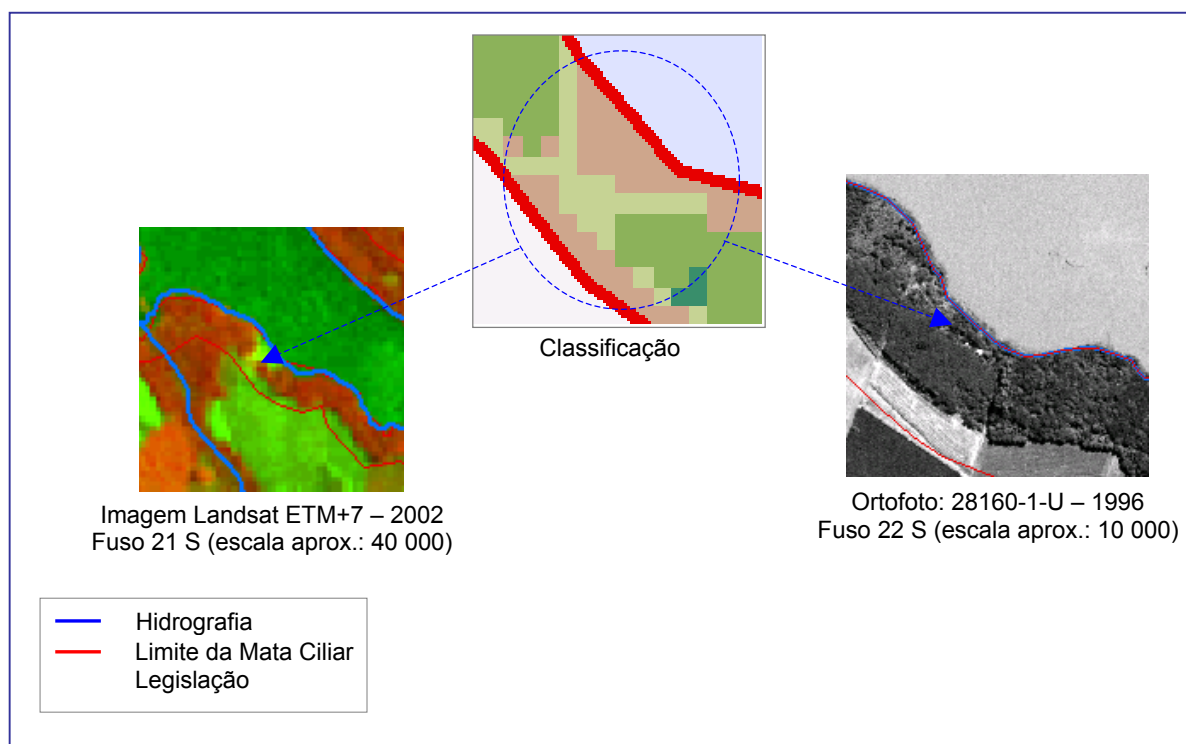


Figura 53 - Área Degradada 6

Capítulo 6

6 CONCLUSÕES e RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

O uso inadequado do solo para a agricultura e a forma como vêm sendo tratados os dejetos animais das atividades pecuárias, têm provocado a contaminação dos cursos d'água por sedimentos e poluentes de origem difusa.

As hidrelétricas que possuem a agricultura e pecuária como principais atividades econômicas no seu entorno, vêm sofrendo as conseqüências do descaso, por parte dos produtores, com o que consiste na sua principal matéria-prima: a água. Essas conseqüências são agravadas quando no entorno dos cursos d'água não há a presença da mata ciliar, que confere quantidade e qualidade ao curso d'água.

Outro problema ambiental encontrado nas hidrelétricas é o assoreamento dos mananciais que tem ligação direta com a presença da mata ciliar no entorno dos seus reservatórios. Portanto, essa vegetação deve ser recuperada não só no entorno do reservatório, mas também no entorno de todos os seus rios contribuintes, assegurando a diminuição da poluição e do assoreamento.

Os parâmetros como densidade da biomassa, largura da faixa de proteção e fragmentação florestal, devem ser levados em consideração como uns dos principais componentes da estrutura de uma mata ciliar a serem estudados.

A largura da faixa de proteção dos cursos d'água foi um dos parâmetros escolhido para a análise, o qual é apoiado na legislação ambiental. A determinação das dimensões desse parâmetro, que varia de acordo com a largura do curso d'água, que essa vegetação circunda, vem sendo questionada por muitos. Esse questionamento não entrou em mérito na pesquisa, simplesmente o utilizou para as análises como determina a legislação, sabendo que a largura da faixa de proteção influencia na eficácia da mata ciliar.

Além da largura, os parâmetros ambientais, como a fragmentação florestal e a densidade da biomassa foram analisados nesta pesquisa, sendo considerados também importantes para eficácia da mata ciliar. Ela precisa ser constante ao longo do curso d'água e possuir uma boa densidade para garantir maior infiltração da precipitação, servir como barreira de nutrientes e tornar os solos mais estáveis, evitando a erosão e o assoreamento dos rios.

Depois de mapeada toda a mata ciliar do entorno do Braço do Rio São Francisco Verdadeiro que está dentro da área do reservatório, constatou-se que de forma geral a mata ciliar apresenta, na sua maior parte, a classe definida como vegetação densa, mas esta se encontra bem fragmentada. Os locais entre um fragmento e outro na maioria das vezes apresenta-se desprovido de vegetação ciliar. São lugares utilizados às vezes para produção agrícola ou pecuária, ou em outros casos estão cobertos por vegetação rasteira ou até desprovidos de qualquer vegetação. Esses locais devem ser identificados e posteriormente devem ter prioridades nas tomadas de medidas para recuperação.

O uso de produtos de sensoriamento remoto se mostrou eficaz para a pesquisa, uma vez que se extraiu as informações necessárias a tematização da área, podendo se ter a noção como um todo da situação ambiental para análise dos parâmetros em questão.

A imagem de satélite Landsat 7 ETM+ para averiguação da situação geral dessa vegetação se mostrou satisfatória nesta pesquisa e ainda conta com a vantagem de ser um produto de um bom custo/benefício e acessível. O processamento digital dessa imagem foi fundamental para a pesquisa, no que diz respeito à composição de bandas, ao NDVI e a classificação da imagem.

A pesquisa objetivou, no geral, fornecer subsídios para um monitoramento e gestão das matas ciliares em Hidrelétricas. A metodologia aqui apresentada mostra-se eficiente para a análise dos parâmetros densidade da biomassa, largura e fragmentação florestal da mata ciliar gerando subsídios para o monitoramento da mesma. A pesquisa mostrou que é possível se ter um conhecimento geral da situação de como se encontra a mata ciliar de um reservatório e assim identificar os locais com maior degradação da mata ciliar, para posteriormente checar a realidade de campo e tomar as decisões necessárias à recuperação daquela área, poupando tempo, trabalho e mão-de-obra.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Para trabalhos posteriores que abranjam monitoramento e gestão de matas ciliares e para o desenvolvimento do Programa Cultivando Água Boa, que vem sendo desenvolvido pela Itaipu Binacional, recomenda-se que utilizem dados temporais para que se tenha conhecimento, do histórico do reflorestamento e também de desmatamentos locais.

Quanto aos produtos do Sensoriamento Remoto recomenda-se que se tenham produtos de alta resolução para um maior detalhamento da área de estudo. É necessário também, que se usem sensores que permitam medir a biomassa da mata ciliar para análise da sua densidade de forma mais intrínseca, como por exemplo, o Laser Scanner.

Para uma pesquisa mais aprofundada com relação às matas ciliares, recomenda-se que além dos parâmetros aqui analisados, que se tenha conhecimento, através dos trabalhos de campo, quais as espécies compõem essa vegetação, qual a relação que essas têm com a conservação do solo e como esses parâmetros se inter-relacionam.

Além desses parâmetros, dados como tipo de atividade econômica desenvolvida no entorno, tipo de solo e tantos outros devem ser conhecidos e atualizados para uma Gestão Territorial e Ambiental, nas hidrelétricas, sugerindo para tanto a implantação de um Cadastro Técnico Multifinalitário.

O problema com a degradação das Matas Ciliares não é uma peculiaridade dos Reservatórios de Hidrelétricas, ele existe além do curso d'água que gera a energia. Por isso o monitoramento deve ser realizado no nível de bacias hidrográficas, para que seus rios contribuam com quantidade e qualidade aos reservatórios. E muito mais que técnicas, a solução para o problema envolve também questões políticas, administrativas e educacionais.

Capítulo 7

7 Referências Bibliográficas

ABBAGNANO, N. – *Dizionario di Filosofia* – 2ª. ed. em português, Editora Mestre Jou. Traduzido por Alfredo Bosi, São Paulo 1982.

AB'SABER, A. N. – *O Suporte Geológico das Florestas Beiradeiras (Ciliares) – Matas Ciliares: Conservação e Recuperação* / editores Ricardo Ribeiro Rodrigues, Hemógenes de Freitas Leitão Filho – 2ed. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, 2001.

AGENDA 21 – *Ministério do Meio Ambiente* em www.mma.gov.br/agenda21. Pesquisado em 12/04.

AMADOR, D. B.; VIANA, V.M. – Sistemas agroflorestais para recuperação de fragmentos florestais – Série Técnica IPEF – Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais . V.12, n.32, p.105 –110, 1998.

BARRET, E. C. & CURTIS, L.F. – *Introduction to Environmental Remote Sensing* – 3 ed. Published by Chapman & Hall, London/UK, 1992.

BIGARELLA, J.J., Becker, R. D. Santos, G. F.dos, Passos, E., Suguio, K. – *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. Florianópolis: Ed. UFSC, 1994.

BITTENCOURT, L. & LOCH, C. - *O Uso das Séries Históricas de Fotografias Aéreas para Monitoramento Físico-Espacial de Propriedades Rurais Visando a Avaliação da Legalidade das Posses* – In: COBRAC (CD-ROM), Florianópolis, 1998.

BITENCOURT, L. & LOCH, C. *O uso das séries históricas de fotografias aéreas para o monitoramento físico-espacial no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro* – SC. In: COBRAC (CD-ROM), Florianópolis, 2000.

BRAGA, R. A. P. – *A Mata Atlântica e os Recursos Hídricos / Recursos Hidroenergéticos – usos impactos e planejamento integrado*. Publicação em Série do Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, do Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Vol1 Editora Rima, 2002.

BRASIL, Lei n.4.771 de 15 de setembro de 1965. *Dispõe sobre o Código Florestal Brasileiro* <http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/legisla/> acessado em 11/04

BRASIL, Lei nº 8171 de 17 de janeiro de 1991. *Dispõe sobre a Política Agrícola* <http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/legisla/> acessado em 11/04

CAMPBELL, J. B. *Introdução to remote sensing*, Guilford, Nova Iorque: 1996.

CAUBET, C. G., *As Grandes Manobras de Itaipu* – Editora Acadêmica – São Paulo, 1989.

CINTRA, R.; GASCON, C.; LAURENCE W.; VASCONCELOS, H.; MESQUITA, R.; WILLIAMSON, B. – Projeto: Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais, 2001.

COLLARES, E. G. *Avaliação de Alterações em Redes de Drenagem de Microbacias como Subsídio ao Zoneamento Geoambiental de bacias hidrográficas: Aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari – SP*. São Carlos, 2000, 2v. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

COLWELL, Robert N. *History and place of photographic interpretation*. In: PHILIPSON, Warren R. *Manual of photographic interpretation*. 2ª. ed. Estados Unidos: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1997. p. 3-47.

CONTE, M. de L. & LEOPOLDO, P. R. – *Transporte de Sólidos em Suspensão na Bacia Experimental do Rio Pardo – Região de Botucatu/SP- Revista Energia na Agricultura Vol. 14 – número 1*, 1999.

CROSTA, A. P. *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto* – ed. revisada – Campinas, SP. – IG/UNICAMP, 1992.

DALOTTO, R.A. & LOCH, C. *Prognose dos componentes ambientais utilizando-se fotografias aéreas*. In: COBRAC (CD-ROM), Florianópolis, 2000.

ESPÍRITO-SANTO, F. D. B.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. de; MACHADO, E. L. M.; SOUZA, J. S.; FONTES M. A. L.; MARQUES, J. J. G. de S. M. *Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG - Acta Botanica. Brasílica. v.16 n.3 São Paulo jul./set. 2002.*

FERREIRA, A. B. de H. – Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. 2^a. Ed. – Editora Nova Fronteira, 1982.

FERREIRA, D. A. C. & DIAS, H.C. T.; - *Situação Atual da Mata Ciliar do Ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. Revista Árvore - Viçosa/MG Vol. 28, nº4, pg.617 – 623, 2004.*

FIGUEIREDO, L. F. G. de, et al - *Cadastro técnico ambiental, sistemas de informação geográfica e lógica fuzzy: ferramentas conjugadas para a gestão ambiental* - In: COBRAC (CD-ROM), Florianópolis, 1998.

GALO, M. L. B. T. *Aplicação de redes neurais artificiais e sensoriamento remoto na caracterização ambiental do Parque Estadual Morro do Diabo. São Carlos, 2000. 205p.* Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

GUERRA, G. L.; COSTA, D. P. da; SILVA, V. V. da; FERREIRA, A. M. M. - *Identificação de Padrões de Uso e Cobertura do Solo Através da Aplicação de Geotecnologias: O Caso do Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinhema, 2002.*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/sinopse_preliminar/default.shtm?c=10 - data 16/12/04.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – <http://www.dgi.inpe.br/html/landsat.htm>. – acessado em 08/12/2004.

ITAIPU: *Hydroelectric Project* – Curitiba, PR: ITAIPU BINACIONAL, 1994.

ITAIPU BINACIONAL – www.itaipu.gov.br – acessado em 01/12/2004.

JACINTHO, L. R. de C., *Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto como ferramentas na Gestão Ambiental de unidades de Conservação: o caso da áreas de Proteção Ambiental (APA) do Capivari-Monos*, São Paulo, SP, 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências). Programa de Pós-graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

JACOMINE, P. K. T. – *Solos sob Matas Ciliares – Matas Ciliares: Conservação e Recuperação* / editores: Ricardo Ribeiro Rodrigues, Hemógenes de Freitas Leitão Filho – 2ed. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, 2001.

KAPOS, V. *Effects of isolation on the water status for forests patches in the Brazilian Amazon*. Journal of Tropical Ecology, New York, v. 5, n.2, p. 173-185, May 1989.

KARNAUKHOVA, E. - *A intensidade de transformação antrópica da paisagem como um indicador para a análise e a gestão ambiental (Ensaio metodológico na área da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita, Município de Siderópolis, SC)*. Florianópolis, SC, 2000, 222p. – Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFSC. Orientador: Prof. Dr. Carlos Loch.

KELM, D. F. P. – *Estruturação de um Cadastro Técnico Histórico para Análise Física e Ambiental de Áreas de Mineração de Carvão*. Florianópolis, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

KRAMER, H.J. *Observation of the Earth and its Environment. Survey of Missions and Sensors*. Berlin. Springer. 3rd. Edition. 1996. 960 pp.

LAURANCE, W. F.; YENSEN, E. *Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats*. Biological Conservation, Oxford, v.55, n. 1, p. 77-92, 1991.

LEITÃO FILHO, H de F. - *Fronteira: o Brasil Meridional*. Organizadores: MONTEIRO, Salvador; KAZ, Leonel; MEYER, Claus. Rio de Janeiro: 1995/96 Alumbramento, Livroarte, 1996. 385p.

LEONARDO, H. C. L. BENASSI, S. F.; MARENDIA, L. D.; BERTÉ, A. A., *Análise de Indicadores Ambientais como Instrumento para a Prática de Gestão Integrada de Microbacias Hidrográficas – Estudo de Caso: a Bacia do Rio Ocoí*, PR– Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Uberlândia, MG, 2003.

LILLESAND, T. M. & KIEFER, R. W. - Remote sensing and image interpretation. 3ª. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1994. 748p.

LOCH, C. – *A Interpretação de Imagens Aéreas: Noções Básicas e Algumas Aplicações nos Campos Profissionais*. Editora da UFSC, Florianópolis, 1989.

LOCH, C.: *Cadastro técnico rural multifinalitário como base à organização espacial do uso da terra a nível de propriedade rural*. Tese para Professor Titular, Florianópolis. 128 p. 1993.

LOCH, R. E. N. *Estruturação de dados geográficos para a gestão de áreas degradadas pela mineração*. Curitiba, PR, 2000, 202p. – Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, UFPR. Orientador: Prof. Ph. D. Flávio Felipe Kirchner.

MESQUITA JR, H. N. – *Análise Temporal com Sensor Orbital de Unidades Fisionômicas de Cerrado na Gleba Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga – SP)* 1998. Dissertação (Mestrado em Ecologia dos Ecossistemas Terrestre e Aquáticos. Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo – USP.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE em www.mma.gov.br em 12/04.

MOREIRA, A. A. N.; LIMA, G. R. - *Relevo*. In: *Geografia do Brasil: Região Sul* – Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). SERGRAF, Rio de Janeiro, 1977.

MOREIRA, M. A.; *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*. 3ª Edição e Editora UFV, 2001.

NOVO, E. M. L. de M. *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*. 2ª. Ed., Ed. Edgar Blücher Ltda., São Paulo, 1992.

PCBAP – *Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai* – Projeto Pantanal, Programa Nacional do Meio Ambiente. Vol. 2 -Brasília: PNMA, 1997.

PONZONI, F. J. . *Diagnosticando a Mata Atlântica*. São José dos Campos: INPE, 2001 (Apostila de curso).

RAZINKOV, O. *Diccionario de Filosofia* – Traduzido para o Espanhol 4^a. edição, Editorial Progreso – Moscou/Rússia, 1984

RIBEIRO, M.de F. B., *Memórias do Concreto: vozes na construção de Itaipu* – 2ed., Coleção Thésis – Edunioeste, Cascavel/PR, 2002.

ROBINSON, A. M. et al. *Elements of Cartography*. 6^a. ed. New York John Wiley & Sons, Inc. 1995. 675p.

RODRIGUES, R. R – *Uma Discussão Nomenclatural das Formações Ciliares – Matas Ciliares: Conservação e Recuperação* / editores: Ricardo Ribeiro Rodrigues, Hemógenes de Freitas Leitão Filho – 2ed. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, 2001.

RODRIGUES, R. R. & NAVE, A. G. – *Heterogeneidade Florística da Matas Ciliares - Matas Ciliares: Conservação e Recuperação* / editores: Ricardo Ribeiro Rodrigues, Hemógenes de Freitas Leitão Filho – 2ed. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, 2001.

ROSOT, N. C. et al - *Integração de Dados LANDSAT TM e SPOT HRV para o Monitoramento Ambiental*. In: COBRAC (CD-ROM), Florianópolis, 2000.

SABIN, F. F. *Remote Sensing – Principles and Interpretation*. 2^a ed. W.H.Freeman Company, Nova Iorque 1986.

SANTOS, R. F. dos - *Planejamento Ambiental: teoria e prática* – 1^a Edição, Oficina de Livros – São Paulo, 2004.

SANTOS, R. S. B dos - *Hidrografia*. In: *Geografia do Brasil: Região Sul* – Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). SERGRAF, Rio de Janeiro, 1977.

SOUSA, C. L. de – *Avaliação da Pressão Antrópica Sobre a Cobertura Vegetal nos Municípios de Cedro e Solidão (Sertão Pernambucano) com o uso de Imagens TM Landsat e Sistema de Informações Geográficas*, São José dos Campos, 2003. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto de Pesquisas Espaciais.

TRENTINI, E. C. – *Agricultura “criminosa”: Atividades Agrícolas à Luz do Código Florestal de 1965*, 2004, Florianópolis, SC – Dissertação (Mestrado em Agrossistemas) – Programa de Pós-Graduação Mestrado em Agrossistemas.- Universidade Federal de Santa Catarina.

VALERIO FILHO, M.; PINTO, S.A.F. *Imagens orbitais aplicadas ao levantamento de dados do meio físico: Contribuição ao planejamento de microbacias hidrográficas*. In: Congresso Brasileiro e Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 8, Londrina, 1996. Anais. Londrina, 1996. p.77-94.